

ENSAYO DE UNA DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL MUNDO

POR

ALEJANDRO DE HUMBOLDT

TOMO III



COSMOS.

OBRAS DE ALEJANDRO DE HUMBOLDT.

COSMOS

ENSAYO DE UNA

DESCRIPCION FISICA DEL MUNDO

POR

ALEJANDRO DE HUMBOLDT.

VERTIDO AL CASTELLANO

POR

BERNARDO GINER

Y

JOSE DE FUENTES.

«Naturæ vero rerum vis atque majestas in omnibus momentis fide caret, si quis modo partes ejus ac non totam complectat animo.»
PLINIO I, VII, c. 1.

TOMO III.



MADRID
IMPRENTA DE GASPAR Y ROIG, EDITORES.
CALLE DEL PRÍNCIPE, NÚM. 4.

1874.

PRIMERA PARTE.

INTRODUCCION

A LA PARTE URANOLOGICA

CON UNA OJEADA RETROSPECTIVA

Á LOS TOMOS PRECEDENTES.

Sigo el objeto que me he propuesto, y al cual no he desesperado de llegar, en la medida de mis fuerzas y segun el estado actual de la ciencia. Conforme al plan que me he trazado, los dos tomos del *Cosmos* publicados hasta hoy consideran la Naturaleza bajo un doble punto de vista: reproduciéndola primeramente en su aspecto esterior y puramente objetivo, y despues pintando su imágen reflejada en el interior del hombre por medio de los sentidos. De este modo he buscado la huella de la influencia que ha ejercido en las ideas y sentimientos de los diferentes pueblos.

Bajo la forma científica de un cuadro general de la Naturaleza, he descrito el mundo esterior en sus dos grandes esferas, la esfera celeste y la terrestre. En este cuadro se presentan á nuestra vista en primer término las estrellas que brillan entre las nebulosas, en las mas apar-

tadas regiones del espacio; pasando de esta region, y á través de nuestro sistema planetario, á la capa vegetal que cubre el esferóide terrestre y á los organismos infinitamente pequeños que á menudo flotan por los aires, escapando á la simple vista. Preciso era evitar cuidadosamente la acumulacion de hechos particulares si habia de aparecer sensible la existencia de ese lazo comun en que todo el Universo se confunde, y el gobierno de las leyes eternas de la Naturaleza; si habia de comprenderse, en cuanto sea posible hasta nuestros dias, esa conexion generadora que liga grupos enteros de fenómenos. Semejante reserva se hacia principalmente necesaria en la esfera terrestre del *Cosmos*, donde al lado de la accion dinámica de las fuerzas motrices, se manifiesta de una manera enérgica la influencia que produce la diversidad específica de las sustancias. En la esfera sideral ó uranológica, los problemas para todo lo que está al alcance de la observacion tienen una sencillez admirable, y en razon á las masas enormes y á las fuerzas de atraccion de la materia, se prestan á cálculos rigorosos, fundados en la teoría del movimiento. Considerando, como creo que podemos hacerlo, á los asteróides ó piedras meteóricas como partes de nuestro sistema planetario, esos cuerpos son los únicos que al caer á la Tierra nos ponen en contacto con sustancias evidentemente heterogéneas que circulan en el espacio (1). Indico aquí las causas en cuya virtud el método matemático ha sido aplicado hasta hoy con menos generalidad y menor éxito á los fenómenos terrestres que á los movimientos de los cuerpos celestes, regidos únicamente en sus perturbaciones recíprocas y sus vueltas periódicas, por la fuerza fundamental de la materia homogénea; por lo menos, hasta donde pueden estenderse nuestras percepciones.

Al trazar el cuadro de la Tierra, he dirigido todos mis esfuerzos á disponer los fenómenos segun un órden que

permitiese suponer el lazo generador que entre sí los une. He descrito la configuracion del cuerpo terrestre, representándole con su densidad media, con las variaciones de su temperatura creciente en razon de la profundidad, con sus corrientes electro-magnéticas y los fenómenos de la luz polar. Es el principio de la actividad volcánica, la reaccion del interior contra el esterior de la Tierra; causa á que deben referirse las ondas de quebrantamiento que se propagan por círculos mas ó menos estensos, y los efectos de los quebrantamientos mismos, que no siempre son puramente dinámicos, como las erupciones de gas, de cieno y de agua caliente. La manifestacion mas genuina de las fuerzas interiores de la Tierra es el levantamiento de las montañas ignivomas. He representado los volcanes centrales y las cadenas de volcanes, no solo como elementos de destruccion, sino que tambien como agentes productores que continúan formando rocas de erupcion á nuestra vista, y en épocas fijas las mas veces. Opuestamente á las rocas de erupcion he señalado las rocas de sedimento, precipitándose aun hoy del seno de los medios líquidos en los cuales flotaban, ó suspendidas ó disueltas, sus últimas partículas.

Esta comparacion de las partes de la Tierra que se hallan en vias de desarrollo y cuya figura aun no está delineada, con aquellas otras que solidificadas desde largo tiempo constituyen las diferentes capas de la corteza terrestre, nos lleva á determinar con exactitud la série sucesiva de las formaciones que contienen en un órden cronológico las familias estinguidas de animales y de plantas, y permiten reconocer distintamente la Fauna y la Flora del antiguo mundo. El nacimiento, la trasformacion y el levantamiento de las capas en las diversas épocas geológicas, son las condiciones de que dependen todos los accidentes de la superficie terrestre: la distribucion del elemento lí-

quido y del elemento sólido, como la reparticion y articulacion de las masas continentales en estension y en altura. A su vez estas relaciones determinan la temperatura de las corrientes marinas, el estado metereológico del Océano gaseoso que envuelve la Tierra y la distribucion geográfica de los diferentes organismos.

Yo creo que basta recordar el lazo que une los fenómenos terrestres entre sí, y que he procurado esclarecer en la primera parte del *Cosmos*, para probar que es imposible reunir los resultados de la observacion, tan vastos y tan complejos aparentemente, sin profundizar la conexion que liga á las causas con los efectos. Por otra parte, la significacion de la Naturaleza se debilita considerablemente cuando por una escesiva acumulacion de hechos aislados se roba á las descripciones, por medio de las cuales se la quiere reproducir, todo su calor vivificante.

Si no me fuera dado aspirar sériamente, por cuidado que en ello pusiese, á no omitir ninguna particularidad en el cuadro de los fenómenos esteriores, no me seria mas fácil pintar todos los pormenores del reflejo de la Naturaleza en el espíritu humano; porque aquí deben estar los límites mas estrictamente circunscritos. El inmenso imperio del mundo intelectual, fecundado tantos siglos há por las fuerzas activas del pensamiento, nos muestra, en las diversas razas de hombres, y en los diferentes grados de la civilizacion, disposiciones de ánimo ya alegres, ya sombrías (2), un vivo amor de lo bello ó una grosera insensibilidad. El alma del hombre se eleva en un principio al sentimiento de la Divinidad por el espectáculo de las fuerzas naturales y por ciertos objetos del mundo esterior. Solo mas tarde se levanta el hombre á inspiraciones religiosas mas puras y mas espirituales (3). El reflejo del mundo esterior en el hombre, las impresiones de la Naturaleza que le rodea, y las disposiciones físicas influyen por mas de un concepto en la for-

macion misteriosa de las lenguas (4). Trabaja el hombre en su interior la materia que le suministran los sentidos, y los resultados de esta operacion interna son tan del dominio del Cosmos, como los fenómenos sobre los cuales se realiza.

Como el impulso dado á la imaginacion creadora, no permite que la imágen reflejada de la Naturaleza se conserve pura y fiel, existe al lado del mundo real ó esterior, un mundo ideal ó interior, lleno de mitos fantásticos y alguna vez simbólicos, y de formas animales, cuyas partes heterogéneas están tomadas del mundo actual ó de los restos de las generaciones estinguidas (5). Formas maravillosas de árboles y de flores, crecen tambien sobre el suelo de la mitología, como el fresno gigantesco de los cantos del Edda, el árbol del mundo llamado Igdrasil, cuyas ramas se elevan aun mas que el cielo, cuando una de sus tres raices se hunde hasta las fuentes retumbantes del mundo subterráneo (6). Por esto la region nebulosa de la mitología física está poblada, segun la diferencia de las razas y los climas, de formas graciosas ú horribles que de allí pasan al dominio de las ideas sábias, y durante el espacio de muchos siglos se trasmiten de generacion en generacion.

Si el trabajo que he dado al público, no corresponde al título cuyo imprudente atrevimiento he advertido yo mismo en varias ocasiones, esta censura de insuficencia ha de recaer principalmente en la parte que trata de la vida intelectual, y del reflejo de la Naturaleza en el sentimiento del hombre. En ella especialmente me he limitado á los objetos que mas relacion tenian con los estudios que han ocupado mi vida; he buscado la espresion del sentimiento de la Naturaleza entre los pueblos de la antigüedad clásica, y entre las naciones modernas, recogiendo los fragmentos de poesía descriptiva que ostentan el colorido del carácter

nacional de cada una de esas razas, y de la idea que se formaban de la creacion, considerada como obra de un poder único; he descrito el gracioso encanto de la pintura de paisaje, y trazado, por último, la historia de la contemplacion del Mundo; es decir, la historia de los descubrimientos que, sucediéndose por espacio de veinte siglos, han permitido al observador abarcar el conjunto del Universo, y recoger la unidad que domina á todos los fenómenos.

Admitiendo que pueda tenerse la pretension de mostrarse completo en algo, tratándose del primer ensayo de una obra tan vasta como la presente, que se propone, sin perder nada de su carácter científico, representar la imágen viviente de la Naturaleza, debe procurarse que el mayor interés de la obra estribe en las ideas que de su lectura se despierten, mas que en los resultados que de ella puedan obtenerse. Un libro de la Naturaleza, verdaderamente digno de este nombre, no es dado concebirlo sino cuando las ciencias, condenadas desde el principio á quedar siempre incompletas, se hayan engrandecido y elevado por lo menos á fuerza de perseverancia, y cuando las dos esferas en que se descompone el Cosmos, el mundo esterior que los sentidos aperciben, y el mundo interior reflejado en el pensamiento del hombre, hayan ganado en luminosa claridad.

Creo haber indicado suficientemente las razones que necesariamente debian determinarme á no dar mas estension al Cuadro general de la Naturaleza, reservándome para el tercero y último tomo completar lo que falte y presentar reunidos los resultados de la observacion en que se funda el estado actual de las opiniones científicas; resultados que aparecerán en el mismo órden que ya he seguido en la descripcion de la Naturaleza, conforme en un todo á los principios de antemano establecidos. Antes, sin embargo, de que pasemos á hechos particulares y especiales,

séame permitido añadir aun algunas consideraciones generales que prestarán nueva luz al objeto de este libro. El inesperado favor con que ha acogido mi empresa un público considerable, tanto en mi pátria como en el estranjero, me obliga doblemente á esplicarme una vez mas, y de una manera mas precisa, acerca del pensamiento fundamental de esta obra, y sobre las exigencias que no he intentado satisfacer porque no podia pretenderlo, segun lo que personalmente pienso de nuestros conocimientos esperimentales. A estas consideraciones justificativas vendrán á unirse, como por sí mismos, los recuerdos históricos de los primeros esfuerzos hechos en la investigacion de la idea del Mundo; es decir, el principio único á que deben referirse todos los fenómenos, cuando se pretende descubrir su armonía generatriz.

El principio fundamental de mi libro (7), tal como lo he desarrollado hace mas de veinte años en lecciones esplicadas en francés y en aleman, en París y en Berlin, es la tendencia constante de recomponer con los fenómenos el conjunto de la Naturaleza; de mostrar en los grupos aislados de estos fenómenos las condiciones que les son comunes; es decir, las grandes leyes porque se regula el Mundo, y hacer ver, por último, cómo del conocimiento de estas leyes se llega al lazo de causalidad que las une entre sí. Para lograr desenvolver el plan del Mundo y el órden de la Naturaleza, es necesario comenzar por la generalizacion de los hechos particulares, por investigar las condiciones en que se reproducen uniformemente los cambios físicos. De este modo llegamos á una contemplacion reflexiva de los materiales suministrados por el empirismo, y no á «miras puramente especulativas, ni á un desarrollo abstracto del pensamiento, ni á una unidad absoluta independiente de la esperiencia.» Digámoslo una vez mas; aun estamos muy lejos de la época en que podamos lisonjearnos de que

todas las percepciones sensibles compongan una idea única que abrace el conjunto de la Naturaleza. El verdadero camino se habia ya trazado, un siglo antes de Francisco Bacon, y señalado en pocas palabras por Leonardo de Vinci: «cominciare dell' esperienza et per mezzo di questa scoprirne la ragione (8).» Existen, á la verdad, grupos numerosos de fenómenos, cuyas leyes empíricas debemos contentarnos con descubrir; pero el objeto mas elevado, y que se ha alcanzado las menos veces, es la investigacion de las causas que ligan entre sí á todos los fenómenos (9). No se llega á una completa evidencia sino cuando es posible aplicar á las leyes generales el rigor del razonamiento matemático. Unicamente para ciertas partes de la ciencia puede decirse con verdad que la *descripcion* del Mundo es la *esplicacion* del Mundo; porque generalmente hablando, estos dos términos no pueden aun considerarse como idénticos. Lo grande, lo imponente en el trabajo intelectual cuyos límites indicamos aquí, es la conciencia del esfuerzo que se hace hácia el infinito y para abrazar la inmensa é inagotable plenitud de la creacion, es decir, de cuanto existe y se desarrolla.

Semejantes esfuerzos intentados en el trascurso de todos los siglos, han debido producir con frecuencia y de diversas maneras, la ilusion de que se habia logrado el objeto y hallado el principio segun el cual pueden esplicarse todos los fenómenos sensibles que se suceden en el mundo material. Despues del largo período en que, segun el primer modo de intuicion del espíritu helénico, las fuerzas naturales que fijan, cambian y destruyen la forma de las cosas, se veneraban como potencias espirituales veladas bajo formas humanas (10), se desarrolló en las fantasías fisiológicas de la escuela jónica el gérmen de una contemplacion científica de la Naturaleza. Esta escuela se separó en dos distintas direcciones. Guiados los naturalistas unas

veces por consideraciones mecánicas, las otras por consideraciones dinámicas, para esplicar la existencia de las cosas y la sucesion de los fenómenos, recurrian á la hipótesis de los principios concretos y materiales á que se llamaba elementos de la Naturaleza, ó á la rarefaccion y condensacion de las sustancias elementales (11). La hipótesis de cuatro ó cinco elementos específicamente distintos, que quizá tenga su orígen en la India, ha seguido unida á todos los sistemas de filosofía natural, desde el poema didáctico de Empedocles, y acredita la necesidad que en todo tiempo ha esperimentado el hombre de mirar á la generalizacion y simplificacion de las ideas, ya se trate de la accion de las fuerzas, ó solamente de la naturaleza de las sustancias.

Posteriormente, cuando la fisiología jónica hubo tomado un nuevo desarrollo, Anaxágoras de Clazomeno se elevó de la hipótesis de las fuerzas puramente motrices, á la idea de un espíritu distinto de toda especie de materia, aunque íntimamente unido á todas las moléculas homogéneas. La inteligencia reguladora (νοῦς) gobierna el incesante desarrollo del Universo, y es la causa primera de todo movimiento, y por lo tanto el principio de todos los fenómenos físicos. Anaxágoras esplica el movimiento aparente de la esfera celeste que se dirige de Este á Oeste, por la hipótesis de un movimiento de revolucion general cuya interrupcion, como se ha visto mas arriba, produce la caida de piedras meteóricas (12). Esta hipótesis es el punto de partida de la teoría de los torbellinos, que despues de mas de dos mil años, ha ocupado lugar tan importante entre los sistemas del Mundo, con ocasion de los trabajos de Descartes, Huyghens y Hooke. El espíritu ordenador que segun Anaxágoras gobierna el Universo, ¿era la Divinidad misma, ó solamente una concepcion panteística, un principio espiritual que animaba á toda la Naturaleza? Cuestion es esta agena á la presente obra (13).

El símbolo matemático de los Pitagóricos, por mas que abarque igualmente al Universo entero, forma un contraste sorprendente con las dos ramas de la escuela jónica. Sus miradas no se estienden mas allá de los fenómenos perceptibles á los sentidos, y quedan invariablemente fijas en la ley que regula las cinco formas fundamentales, en las ideas de número, de medida, de armonía y de contraste. Las cosas, segun ellos, se reflejan en los números que son como su imitacion (μίμησις) La propiedad que tienen los números de aumentar y repetirse sin límite, es el carácter de la eternidad y de la naturaleza infinita. Las cosas, en tanto que existen, pueden considerarse como relaciones numéricas; sus cambios y transformaciones, no son mas que nuevas combinaciones de los números. La física de Platon contiene tambien ensayos en la idea de referir todas las sustancias que existen en el Universo, y los desarrollos porque pasan á formas corporales, y estas mismas formas, á la mas sencilla de las figuras planas, al triángulo (14). En cuanto á saber cuáles son los últimos principios, como si dijéramos, los elementos de los elementos, manifiesta Platon con un sentimiento de modesta desconfianza, qué cosa es esta solo conocida de Dios y de sus elegidos. Esta aplicacion de las matemáticas á los fenómenos físicos, la formacion de la escuela atomística, ó la filosofía de la medida y de la armonía, han influido por mucho tiempo en el desarrollo de las ciencias, y llevado á espíritus aventureros por caminos apartados que debe trazar la historia de la contemplacion del Mundo. Hay en las simples relaciones del tiempo y del espacio que los sonidos, los números y las líneas revelan, un encanto atractivo que ha celebrado toda la antigüedad (15).

En todos los escritos de Aristóteles resalta en su pureza y elevacion la idea del órden y del gobierno del Universo. Sus *Auscultationes physicæ* representan los fe-

nómenos de la Naturaleza como efectos de fuerzas vitales, emanando de una potencia universal. El Cielo y la Naturaleza (16), dice, designando bajo este nombre la esfera terrestre de los fenómenos, depende del motor inmóvil del mundo. El ordenador, ó en otros términos, el último principio de los fenómenos sensibles, debe ser considerado como distinto de toda clase de materia y fuerza de los sentidos (17). La unidad que domina todos los fenómenos por medio de los que se manifiestan las fuerzas de la materia, está elevada en Aristóteles á la altura de un principio esencial, y esas mismas manifestaciones referidas siempre á movimientos. Así, el tratado *de Anima* contiene ya el gérmen de la teoría de las ondulaciones luminosas (18). La sensacion de la vista está producida por un quebrantamiento, una vibracion del medio colocado entre el ojo y el objeto, y no por emanaciones que se escaparian á uno ú á otro. Aristóteles compara el oido con la vista, porque el sonido es tambien un efecto de las vibraciones del aire.

Aristóteles, recomendando la aplicacion racional en la investigacion de lo general en el detalle de las particularidades percibidas por los sentidos, abraza siempre el conjunto de la Naturaleza, y la conexion íntima no solo de las fuerzas, sino que tambien de las formas orgánicas. En el libro que escribió sobre los órganos de los animales *(de Partibus Animalium)* espresa de una manera clara su creencia respecto de la gradacion por la cual se elevan los séres sucesivamente desde las formas inferiores á las mas altas formas. La Naturaleza sigue su desarrollo progresivo y no interrumpido, desde los objetos inanimados ó elementales hasta las formas animales, pasando por las plantas y «deteniéndose primero sobre lo que no es todavía un animal propiamente dicho, pero que está tan próximo de serlo que la diferencia es muy pequeña (19).» En esta gradacion de las formas las modificaciones intermedias son insensi-

bles (20). El gran problema del Cosmos es para el Estagirita la unidad de la Naturaleza: «En la Naturaleza, dice con singular vivacidad de espresion, nada hay aislado y sin trabazon como en una mala tragedia (21).»

Todas las obras físicas de Aristóteles, tan exacto observador como pensador profundo, ponen de manifiesto claramente la tendencia filosófica á hacer depender de un principio único todos los fenómenos del Universo. Pero el estado imperfecto de la ciencia, la ignorancia de aquella época respecto del método esperimental, que consiste en suscitar los fenómenos en condiciones determinadas, no permitia abarcar el lazo de causalidad que une esos fenómenos, aun dividiéndolos en grupos poco numerosos. Limitábase todo á las oposiciones renovadas incesantemente del frio y del calor, de la sequía y humedad, de la rarefaccion y de la densidad primitivas, y á las alteraciones producidas en el mundo material por una especie de antagonismo interior (αντιπερίστασις) que trae á la memoria las hipótesis modernas de las polaridades opuestas y el contraste del + y del — (22). Las soluciones propuestas por Aristóteles tienen el defecto de alterar los hechos, y en la esplicacion de los fenómenos de óptica ó de meteorología el estilo, por otra parte, tan enérgico y tan conciso del Estagirita, parece como que gusta de estenderse y tomar algo de la difusion helénica. Como el espíritu de Aristóteles se dirigia casi esclusivamente hácia la idea del movimiento y se preocupaba poco de la diversidad de las sustancias, resulta de aquí que su idea fundamental de referir todos los fenómenos terrestres al impulso dado por el movimiento del Cielo, es decir, por la revolucion de la esfera celeste, se reproduce sin cesar, hallándola por do quiera, y es en el autor objeto de predileccion, por mas que en ninguna parte se presente con una precision y rigor absolutos (23).

Por el impulso cuya idea trato de dar, no debe en-

tenderse mas que la comunicacion del movimiento, considerado como el principio de todos los fenómenos terrestres. Las miras panteísticas se han abandonado del todo. La Divinidad es la mas alta unidad ordenatriz: «se manifiesta en todos los círoulos del Universo, dá su destino á todos los séres distintos de la Naturaleza, y lo combina todo en virtud de su potencia absoluta (24).» Las ideas de objeto y de apropiacion se aplican, no á los fenómenos subordinados de la naturaleza inorgánica ó elemental, sino principalmente á los organismos que ocupan un lugar mas elevado en el reino animal ó vegetal (25). Es de notar que en esas teorías la Divinidad se sirve de una cantidad de espíritus siderales que retienen los planetas en sus eternas órbitas, como si conocieran la distribucion de las masas y las perturbaciones (26). Los astros son en el mundo material la imágen de la Divinidad. A pesar del título que lleva, no he citado el tratado *de Mundo*, falsamente atribuido á Aristóteles, y producto ciertamente de la escuela estóica. El autor, en descripciones, en donde se nota frecuentemente color y animacion algo ficticios, pone á la vez de manifiesto el Cielo y la Tierra, las corrientes del mar y del Océano atmosférico; pero en ninguna parte se ve la tendencia á buscar en las propiedades de la materia principios generales á los cuales puedan ser referidos todos los fenómenos del Universo.

Me he detenido mucho en la época de la antigüedad, principio de los mas brillantes conocimientos acerca de la Naturaleza, con el fin de oponer esos primeros ensayos de generalizacion á las tentativas de los tiempos modernos. En ese movimiento de las inteligencias aplicadas á ensanchar la contemplacion del Mundo, se distinguen entre todos, como ha podido verse en el tomo precedente del *Cosmos* (27), el siglo XIII y los principios del XIV. Sin embargo, el *Opus majus* de Rogerio Bacon, el *Espejo de la*

Naturaleza de Vicente de Beauvais, el *Liber cosmographicus* de Alberto Magno y el *Imago mundi* del cardenal Pedro de Ailly, son obras cuyo contenido no corresponde á su título, cualquiera que haya sido por otra parte la influencia que ejercieran en los contemporáneos. Entre los adversarios de la física peripatética en Italia, Telesio, de Cosenza, está indicado como el fundador de un sistema científico mas racional. Para él la materia es pasiva, y todos los fenómenos son efecto de dos principios inmateriales ó de dos fuerzas, el frio y el calor. Toda la vida orgánica, las plantas «animadas,» como tambien los animales mismos, son producto de esas dos fuerzas eternamente opuestas, una de las cuales, el calor, pertenece á la esfera celeste, y la otra, el frio, entra en la esfera terrestre.

Arrastrado por una fantasía mas desordenada aun, pero dotado de un espíritu profundo de investigacion, Giordano Bruno, de Nola, ha intentado reunir el conjunto del Universo en tres obras diferentes (28): en el tratado *de la Causa, Principio et Uno;* en sus *Contemplationi circa lo Infinito, Universo e Mundi innumerabili*, y en el *de Minimo et Maximo*. La filosofía de la Naturaleza de Telesio, contemporáneo de Copérnico, permite ver cuando menos el esfuerzo intentado para referir las transformaciones de la materia á dos de sus fuerzas fundamentales que se han supuesto en verdad obrando esteriormente, pero que juegan, sin embargo, un papel análogo al de la atraccion y repulsion, en la teoría dinámica de Boscowich y de Kant. Las miras de Giordano Bruno acerca del Mundo son puramente metafísicas: lejos de buscar en la materia misma las causas de los fenómenos sensibles, toca á la idea de un espacio infinito, lleno de mundos que brillan con su luz propia; habla de las almas que animan esos mundos y de las relaciones de la inteligencia suprema de Dios con el Universo. Aunque menos versado en los conocimientos matemáticos,

Giordano Bruno fué hasta el dia de su martirio admirador entusiasta de Copérnico, de Ticho y de Keplero (29). Contemporáneo de Galileo, no llegó á ver la invencion del telescopio por Hans Lippershey y Zacarías Jansen, ni por consiguiente el descubrimiento «del pequeño Mundo de Júpiter,» de las fases de Venus y de las nebulosas. Lleno de generosa confianza para lo que llamaba *lume interno, ragione naturale, altezza dell' intelletto*, se dejó llevar de felices adivinaciones acerca de los movimientos de las estrellas fijas, sobre la naturaleza planetaria de los cometas y sobre la forma imperfectamente esférica del globo terrestre (30). La antigüedad griega está llena tambien de esos presentimientos uranológicos, que el tiempo despues ha realizado.

Siguiendo la marcha de las ideas nacidas de las relaciones de las diferentes partes del Universo, hállase que Keplero fué el que se aproximó mas á una teoría matemática de la gravitacion, y esto, 78 años antes de aparecer la inmortal obra de Newton, de los *Principia philosophiæ naturalis*. Si un filósofo ecléctico, Simplicio, espresó de una manera general el pensamiento de que el equilibrio de los cuerpos celestes depende de que la fuerza centrífuga domina la pesantez, es decir, la fuerza que solicitan á esos cuerpos hácia las regiones inferiores; si Juan Philopon, discípulo de Ammonio Herméas, atribuia el movimiento de esos cuerpos á un impulso primitivo y á un esfuerzo constante para caer; si, por último, y como habíamos ya notado, es preciso ver solo en las memorables palabras de Copérnico «Gravitatem non aliud esse quom appetentiam quamdam naturalem partibus inditam á divina providentia opificis universorum, ut in unitatem integritatemque suam sese conferant, in formam globi coluntes» la idea general de la gravitacion, tal como se ejerce por el Sol, centro del mundo planetario, sobre la Tierra y sobre la Luna; sin embargo, hasta la introduccion al tratado de

Stella Martis de Keplero no se encuentra por primera vez una apreciacion numérica de la gravitacion recíproca de la Tierra y de la Luna, segun la relacion de sus masas (31). Keplero cita el flujo y reflujo como una prueba de que la fuerza de atraccion de la Luna (*virtus tractoria*) llega hasta la Tierra; cree tambien que esta fuerza semejante á la accion del iman sobre el hierro, robaria á la Tierra toda el agua que la cubre, si esta agua por otra parte no estuviese solicitada por la Tierra (32). Por desgracia diez años mas tarde, en 1619, este gran hombre quizá por deferencia hácia Galileo que referia las mareas á la rotacion de la Tierra, abandonó la esplicacion verdadera para representar la Tierra en su *Harmonice Mundi*, como un mónstruo que cuando se duerme ó se despierta, en momentos regulados por la marcha del Sol, produce por su respiracion semejante á la de una ballena la hinchazon ó descenso del Océano. Segun el sentido matemático, acreditado de manera brillante en una de las obras de Keplero, como reconoció Laplace, nunca se sentirá bastante que el hombre á quien se debe el descubrimiento de las tres grandes leyes que presiden á todos los movimientos planetarios, no perseverase en la senda á que le habian conducido sus miras sobre la atraccion de los cuerpos celestes (33).

Mas versado que Keplero en el estudio de las ciencias naturales, y fundador de muchas partes de la física matemática, Descartes, tomó á su cuidado, la reunion en una obra que llamaba *Tratado del Mundo* ó *Summa Philosophiæ*, del mundo entero de los fenómenos, la esfera celeste y todo lo que sabia de la naturaleza viviente ó de la naturaleza inanimada. La organizacion de los animales, particularmente la del hombre, con la cual se habia familiarizado durante once años por varios estudios anatómicos, debia completar aquella obra (34). En las cartas que escribió Descartes al Padre Mersenne, se queja frecuentemente de la lentitud con que

adelantaba su trabajo y de la dificultad de unir entre sí tantos y tan distintos materiales. El *Cosmos*, que Descartes llamaba siempre su *Mundo*, debia imprimirse resueltamente á fines del año 1633; pero la noticia de la sentencia de Galileo esparcida por Gassendi y Bouillaud á los cuatro meses de haberla decretado la Inquisicion romana, acabó con todo y privó á la posteridad de esta vasta obra compuesta con tantos cuidados y tanto trabajo. Descartes renunció á la publicacion de su *Cosmos* temeroso de comprometer la tranquilidad de que gozaba en su retiro de Deventer, y tambien por no mostrarse irrespetuoso con la autoridad de la Santa Sede, sosteniendo nuevamente el movimiento planetario del globo terrestre (35). Algunas partes de su *Cosmos* fueron impresas bajo el singular título de *El Mundo* ó *Tratado de la luz* (36), en 1674, catorce años despues por consiguiente, de la muerte de Descartes; sin embargo, los tres capítulos que se refieren á la luz constituyen apenas una cuarta parte de la obra. Otros fragmentos que contenian consideraciones acerca del movimiento de los planetas y sus distancias relativamente al Sol, sobre el magnetismo terrestre, las mareas, temblores de tierra, y los volcanes, se han trasportado á la tercera y cuarta parte de la célebre obra titulada: *Principios de la filosofía*.

El *Cosmotheoros* de Huyghens, publicado despues de su muerte, á pesar de su título significativo, apenas merece ocupar un sitio en esta enumeracion de los ensayos cosmológicos. No es sino el conjunto de los delirios y vagas hipótesis de un gran hombre, respecto del reino vegetal y del reino animal de los astros mas apartados, particularmente acerca de las alteraciones que ha debido sufrir la forma humana en esos cuerpos celestes; créese estar leyendo el *Somnium astronomicum* de Keplero, ó el viaje estático de Kircher. Como Huyghens, igualmente que los astróno-

mos de nuestros tiempos, negó ya á la Luna el aire y el agua, resulta que los habitantes de la Luna le embarazan aun mas que los de los mas apartados planetas «rodeados de nubes y de vapores» (37).

Estábale reservado al inmortal autor de los *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, abarcar toda la parte celeste del Cosmos, esplicando la conexion de los fenómenos, por medio de un principio motor que lo domina todo. Newton es el primero que ha utilizado la astronomía para la solucion de un gran problema de mecánica, elevándola á la altura de una ciencia matemática. La cantidad de materia contenida en cada cuerpo celeste dá la medida de su fuerza de atraccion, fuerza qne obra en razon inversa del cuadrado de las distancias, y determina la magnitud de las acciones perturbadoras que ejercen unos sobre otros, no solo los planetas sino que tambien todas las estrellas que llenan los espacios celestes. La teoría de la gravitacion tan admirable por su sencillez y generalidad, no está limitada tampoco á la esfera uranológica; reina tambien en los fenómenos terrestres, y en su dominio ha abierto caminos que por lo menos en parte no habian sido esplorados todavía. Dá la clave de los movimientos periódicos que se verifican en el Océano y en la atmósfera (38), y conduce á la solucion de los problemas de la capilaridad, de la endósmosis, y de un gran número de fenómenos químicos, orgánicos ó electro-magnéticos. Newton llegó hasta distinguir la atraccion de las masas, tal como se manifiesta en los movimientos de todos los cuerpos celestes y en el fenómeno de las mareas, de la atraccion molecular que se ejerce á distancias infinitamente pequeñas, y al contacto inmediato (39).

Así que, en todos los ensayos intentados para referir los fenómenos variables del mundo sensible á un principio único y fundamental, aparece siempre la teoría de la gravi-

tacion como el principio mas comprensivo y mas provechoso para la esplicacion del Mundo. Indudablemente, á pesar de los brillantes progresos realizados recientemente en la estoquiometria, es decir, en el cálculo aplicado á los elementos químicos y á los volúmenes de los gases que se combinan, no han podido someterse todavía todas las teorías físicas de la materia á demostraciones matemáticas. Hánse descubierto leyes esperimentales, y merced al nuevo vuelo que ha tomado la filosofía atomística ó corpuscular, se han hecho susceptibles de calcularse matemáticamente gran número de fenómenos. Pero tal es la heterogeneidad sin fin de la materia, tales los diferentes estados de agregacion, segun los cuales se combinan los átomos, que todavía no ha sido posible encontrar el medio de esplicar esas leyes empíricas por la teoría de la atraccion molecular con el grado de certeza que da á las tres grandes leyes esperimentales de Keplero, la teoría de la gravitacion.

Newton no consideraba todavía la gravitacion, segun hizo Kant despues, como una propiedad esencial de la materia (40), por más que habia ya reconocido que todos los movimientos de los cuerpos celestes son efecto de una sola y única fuerza; segun él derivábase de otra fuerza mas alta que desconocia entonces, ó era producida por «la accion del éter que llena el espacio, y que mas raro en los intervalos de las moléculas, crece en densidad en el esterior.» Esta última consideracion está desarrollada detalladamente en una carta á Roberto Boyle, fechada en 28 de Febrero de 1678, que termina con estas palabras: «Busco en el éter la causa de la gravitacion (41).» Segun una carta á Halley, 8 años despues abandonó completamente Newton la hipótesis de un éter, mas raro ó mas denso, segun la naturaleza de los espacios que ocupa (42). Es particularmente digno de notarse que 9 años antes de su muerte, en 1717, creyó necesario declarar en términos precisos, en la corta

introduccion colocada á la cabeza de la segunda edicion de su *Optica*, que no consideraba en manera alguna la gravitacion como una propiedad esencial de los cuerpos; *essential property of bodies* (43); mientras que desde el año 1600, Gilbert proclamaba solemnemente el magnetismo como fuerza inherente á toda materia. Tales eran las dudas del mismo Newton, el mas profundo de los pensadores, pero á la vez el mas dócil observador á las lecciones de la esperiencia, sobre la «última causa mecánica de todo movimiento.»

Fundar una ciencia general de la Naturaleza, en que formasen un conjunto orgánico todos los elementos, desde las leyes de la pesantez hasta la fuerza creadora que preside á los fenómenos de la vida, es ciertamente un problema brillante y digno de ocupar el entendimiento humano. Pero el estado de imperfeccion en que se hallan todavía tantas ramas de las ciencias naturales, opone á este proyecto dificultades invencibles. La imposibilidad de completar nunca la esperiencia, y de limitar la esfera de la observacion, hacen que el problema que consiste en esplicar todos los cambios de la materia por las leyes de la materia misma, sea un problema indeterminado. La percepcion está lejos de poder agotar el campo de los fenómenos perceptibles. Si limitándonos á los progresos realizados en nuestros dias, comparamos los conocimientos incompletos de Gilbert, de Roberto Boyle, y de Hales con los que poseemos en la actualidad; si pensamos al mismo tiempo en la rapidez con que aumenta la impulsion de diez en diez años, quizás podremos abarcar los cambios periódicos é indefinidos que permanecen aun hoy en el horizonte de las ciencias naturales. Hánse descubierto nuevas sustancias y nuevas fuerzas. Si un gran número de fenómenos, tales como los de la luz, el calor, y el electro-magnetismo, han sido referidos á la ley de las ondulaciones, y se prestan hoy al rigor de las fórmulas matemáticas, otros son quizás inso-

lubles. A este número pertenecen, la diversidad química de las sustancias, la ley segun la cual varian de un planeta á otro, el volúmen, la densidad, la posicion de los grandes ejes, la excentricidad de sus órbitas, el número y las distancias de sus satélites, la forma de los continentes, y la situacion de las mas altas cordilleras de montañas. Esas relaciones que ya hemos citado frecuentemente, no pueden ser consideradas hasta aquí mas que como hechos, pues conocemos únicamente su existencia. Sin embargo, no es una razon, el que las causas y la relacion de esos fenómenos se ignoren todavía, para que no puedan verse en ellos mas que accidentes fortuitos. Son el resultado de sucesos realizados en los espacios celestes desde la formacion de nuestro sistema planetario, de fenómenos geológicos que han precedido ó acompañado al levantamiento de las capas terrestres, de que se han formado los continentes y las cordilleras de montañas. No van tan allá nuestros conocimientos en los primeros tiempos de la historia del Mundo, para que podamos referir el estado actual de las cosas, al pasado y al porvenir (44).

Aunque el lazo de causalidad que une á todos los fenómenos no esté conocido todavía suficientemente, el estudio del Cosmos no puede considerarse como una rama aparte en el dominio de las ciencias naturales. Mas bien lo abraza por completo, los fenómenos del cielo, como los de la tierra; pero los abraza bajo un cierto punto de vista que es aquel desde donde se puede recomponer mejor el Mundo (45). Así como para fijar los hechos verificados en la esfera moral y política, el historiador colocado bajo el punto de vista de la humanidad, no puede discernir directamente el plan sobre el cual está regulado el gobierno del Mundo, y se ve reducido á sospechar las ideas por medio de las que se manifiesta este plan; así tambien el observador de la Naturaleza, considerando las relaciones que unen las diferentes partes

del Universo, se deja llevar al convencimiento de que el número de las fuerzas á las cuales deben los objetos movimiento, forma ó existencia, está lejos de ser agotado por las que han revelado la contemplacion inmediata y el análisis de los fenómenos (46).

PRIMERA PARTE.

CONSIDERACION GENERAL
Y
DISTRIBUCION DE LAS MATERIAS.

RESULTADOS DE LA OBSERVACION.

Tomamos nuevamente nuestro punto de partida en las profundidades del espacio, en donde se presentan á la vista del observador armado del telescopio, conjuntos esporádicos de estrellas como pálidas nebulosidades. De allá bajaremos sucesivamente á las estrellas dobles teñidas con frecuencia de dos colores, y girando alrededor de su centro comun de gravedad; despues á los estratos estelares de que parece estar rodeado nuestro mundo de planetas; describiremos á seguida ese sistema planetario, y de este modo llegaremos al planeta mismo que nos sirve de vivienda, al esferóide terrestre envuelto por el Océano líquido y el Océano gaseoso.

He demostrado ya en el principio del *Cuadro general de la Naturaleza* (47), que este órden de ideas es el único que puede convenir al carácter propio de una obra que tiene por asunto el Cosmos. Con efecto, aquí no se trata de ceñirse á las condiciones lógicas del análisis; el análisis

empezaria por el estudio de los fenómenos orgánicos, en medio de los cuales vivimos; se elevaria progresivamente á los movimientos reales de los cuerpos celestes, pasando por el estudio prévio de los movimientos aparentes. Precisamente lo contrario de lo que hacemos.

El reino *uranológico* opuesto al reino *telúrico* se divide en dos ramas: una es la astrognosia ó astronomía sideral; la otra comprende el sistema solar ó planetario. Es inútil detenerse á señalar aquí, una vez mas, cuán incompletas y poco satisfactorias son estas divisiones ó esta nomenclatura. En las ciencias naturales se han introducido nombres mucho antes de haber apreciado suficientemente el verdadero carácter de sus diversos objetos, y haberlos limitado de una manera rigorosa (48). Pero no está aquí el punto capital; lo está en el encadenamiento de las ideas y en el órden segun el cual deben ser tratados los diferentes asuntos. Los cambios en las denominaciones generales, los nuevos sentidos dados á palabras de frecuente uso, tienen el inconveniente de desnaturalizar y hasta pueden tambien inducir á error.

ASTRONOMIA SIDERAL.

Nada hay en el Universo inmóvil; aun las estrellas fijas se mueven. Halley, el primero, lo ha demostrado respecto de Sirio, Arturo, Aldébaran; y en nuestros dias han surgido de todas partes pruebas incontestables (49). Desde las observaciones de Arístilo y de Hiparco, es decir, desde hace 21 siglos, la brillante estrella del Vaquero, Arturo, ha andado sensiblemente en el cielo, con relacion á las estrellas próximas; la desviacion es igual á $1\,^1/_2$ vez el diámetro aparente de la Luna. Si la antigüedad nos hubiera legado observaciones análogas para μ de Casiopea, y la 61 del Cisne, podríase hoy, segun Encke, probar que esas estre-

llas han recorrido sobre la bóveda celeste, y en el mismo espacio de tiempo, la primera, un arco igual á 3 $^1/_2$ veces el diámetro del disco lunar, y la segunda un arco igual á 6 $^1/_2$ veces este diámetro. Dejándonos guiar de la analogía puede creerse fundadamente que por todas partes se verifican movimientos de traslacion y aun de revolucion.

El nombre de *estrellas fijas* conduce como se vé á apreciaciones erróneas, ya se le restituya el sentido que primitivamente tenia entre los Griegos, el de astros clavados á un cielo de cristal, ya se le dé el actual sentido, de orígen mas especialmente romano, el de astros en calma que conservan por lo menos su inmovilidad relativa. La primera de esas dos ideas debia llevar necesariamente á la segunda. Toda la antigüedad griega ha clasificado los astros, en astros errantes y en astros inmóviles (ἄστρα πλανώμενα ó πλανητά, y ἀπλανεῖς ἀστέρες ó ἀπλανῆ ἄστρα). Esta nocion data de Anaximenes, filósofo de la escuela jónica, ó del pitagórico Alcméon (50). Ademas de la denominacion generalmente empleada para las estrellas fijas que Macrobio ha traducido al latin, en el *Somnium Scipionis,* con el término de *sphæra aplanes* (51), hállase con frecuencia en Aristóteles (52), que parece haber tenido el deseo de introducir un nuevo término técnico, el nombre de *astros fijos* (ἐνδεδεμένα ἄστρα). De allí salieron sucesivamente las espresiones de Ciceron: *sidera infixa cœlo;* las de Plinio, *stellas quas putamus affixas,* y aun en Manilio, el término definitivo *astra fixa*, equivalente fiel de lo que entendemos por *las fijas* (53). Esta idea de astros *fijados* llevó á la idea correlativa de inmovilidad, de reposo en una misma posicion determinada; así es que todas las traducciones latinas de la Edad media alteraron poco á poco la significacion original de la palabra *infixum* ó *affixum sidus*, dejando subsistir únicamente la idea de inmovilidad. Esta tendencia se dibuja ya en el pasaje siguiente, donde Séneca *(Nat. Quæst.*, l. VII, c. 24) trata,

no sin alguna afectacion de lenguaje, de la posibilidad de descubrir un nuevo planeta: «Credis autem in hoc maximo et pulcherrimo corpore inter innumerabiles stellas quæ noctem vario decore distinguunt, quæ aera minime vacuum et inertem esse patiuntur, quinque solas esse, quibus exercere se liceat: ceteras stare, fixum et inmobilem populum?» Ese pueblo tranquilo é inmóvil no se halla en ninguna parte.

A fin de distribuir cómodamente por grupos los principales resultados de la observacion, y las conclusiones ó congeturas á que conducen, distinguiré sucesivamente en la esfera sideral, los puntos siguientes:

I. Espacios celestes; congeturas sobre la materia que parece llenar estos espacios.

II. Vision natural y telescópica; centelleo de las estrellas; velocidad de la luz; investigaciones fotométricas sobre la intensidad de la luz emitida por las estrellas.

III. Número, distribucion y color de las estrellas; constelaciones; Via láctea en la cual se encuentran muy pocas nebulosas.

IV. Estrellas *nuevas*; estrellas que han desaparecido; estrellas cuyo brillo varia de una manera periódica.

V. Movimientos propios de las estrellas; existencia problemática de los astros oscuros; paralaje y medida de la distancia de algunas estrellas.

VI. Estrellas dobles y tiempo de su revolucion alrededor de su centro comun de gravedad.

VII. Nebulosas mezcladas á veces como en las nubes de Magallanes, con un gran número de constelaciones; manchas negras *(sacos de carbon)* que se ven en algunas regiones de la bóveda celeste.

I.

ESPACIOS CELESTES.

CONJETURAS ACERCA DE LA MATERIA QUE PARECE LLENAR ESOS ESPACIOS.

Cuando se empieza la descripcion física del Universo por la materia, inaccesible á los sentidos, que parece llenar los espacios celestes comprendidos entre los astros mas lejanos, entra el deseo de asimilar este principio á los orígenes míticos de la historia del Mundo. En la série indefinida de los tiempos, como en los espacios ilimitados, aparece todo envuelto en sombras, como un falso crepúsculo; y la imaginacion se siente entonces animada para deducir por sí misma los contornos, y precisar las formas indeterminadas y variables (54). Tan franca declaracion bastará indudablemente para ponerme á cubierto de toda censura, por mezclar aqui los resultados de inducciones incompletas con teorías elevadas á una verdadera certeza matemática por la observacion y las medidas directas. Ciertamente que es preciso relegar las fantasías á lo que podria llamarse la novela de la Astronomía física; pero tambien es necesario distinguir entre esas fantasías y las cuestiones intímamente unidas al estado actual y á las esperanzas científicas. Los astrónomos mas eminentes de nuestra época han estimado

dignas de un detenido exámen estas cuestiones, y los espíritus acostumbrados á los trabajos intelectuales siempre se detendrán con gusto en ellas.

La gravitacion ó la pesantez universal, la luz y las irradiaciones del calor (55) nos ponen en relacion, segun todas las probabilidades, no solamente con nuestro Sol, sino que tambien con los demás soles estraños que brillan en el firmamento. Por otra parte, la armonía entre el cálculo y la observacion ha confirmado un descubrimiento capital, el de la resistencia sensible que un fluido, de que el Universo viene á estar lleno, opone á la marcha del cometa periódico de 3 años y $^3/_4$ de año. De esta manera, partiendo de algunos puntos reconocidos, fundándose para lo demás en la analogía razonada, puede esperarse lleguen á estrecharse las distancias entre la certeza matemática y las simples conjeturas que van siempre á perderse en los límites estremos y nebulosos de todo dominio científico.

Puesto que el espacio es indefinido, haya dicho lo que quiera Aristóteles (56), únicamente es posible la medida de las partes aisladas; ahora bien; los resultados de esas medidas han confundido toda nuestra fuerza de comprension. Muchos espíritus esperimentan una alegría infantil pensando en esos grandes números, y aun creen que las imágenes de la grandeza física, escitando el asombro y casi la estupefaccion, pueden aumentar la impresion producida en nuestras almas por el poder y la dignidad de los estudios astronómicos. La distancia del Sol á la 61 del Cisne, es de 657.000 rádios de la órbita terrestre; la luz que llega á la Tierra del Sol en 8′ 17″, 78, emplea mas de 10 años en recorrer este espacio. Segun una ingeniosa discusion de ciertas evaluaciones fotométricas (57), Juan Herschell ha pensado que algunas estrellas de la Via láctea, visibles únicamente con su telescopio de 6 metros, están situadas á una distancia tal que si esas estrellas fuesen astros nueva-

mente formados, hubieran sido necesarios 2,000 años para que llegase hasta nosotros su primer rayo de luz. Es imposible adquirir la intuicion completa de semejantes relaciones numéricas; malógranse todas las tentativas, ya por magnitud de la unidad á que se refieren esas distancias, ya por la del mismo número que espresa la repeticion de esas unidades. Bessel decia con razon (58): «El espacio recorrido por la luz durante un solo año, escede el alcance de nuestras facultades intuitivas lo mismo que el espacio recorrido durante 10 años.» Serian vanos los esfuerzos que se intentaran para hacer sensible toda magnitud notablemente superior á aquellas con que tenemos ocasion de familiarizarnos en la Tierra. La fuerza de los números confunde, por otra parte, nuestra comprension en los menores organismos de la vida animal, como en la Via láctea, formada de esos soles que llamamos estrellas fijas. Con efecto, es enorme la cantidad de Politalamios que puede contener, segun Ehrenberg, una capa delgada de creta. En una sola pulgada cúbica de un trípoli que forma, en Bilin, una capa de 13 metros de espesor, se han contado hasta ahora 41,000 millones de Galionelas (*Galionella distans*): el mismo volúmen del trípoli contiene mas de 1 billon 750,000 millones de individuos de la especie llamada *Galionella ferruginea* (59). Esos números llevan al espíritu al problema del Arenario de Arquimedes (ψαμμίτης); al número de granos de arena que serian necesarios para llenar el Universo. La impresion producida por esas cifras, símbolo de la inmensidad en el espacio ó en el tiempo, recuerda al hombre su pequeñez, su debilidad física, su efímera existencia; pero bien pronto se reanima confiado y seguro por la conciencia de lo que ha hecho ya para revelar la armonía del Mundo y las leyes generales de la Naraleza.

Si la propagacion sucesiva de la luz, si el modo parti-

cular de debilitamiento al cual parece sometida su intensidad, si el medio resistente de que tenemos conocimiento por las revoluciones cada vez mas rápidas del cometa de Encke y por la dispersion de las colas gigantescas de numerosos cometas, indican bastante que los espacios celestes no están vacíos, sino llenos de una materia cualquiera, prudente es, sin embargo, precisar el sentido de ciertas palabras y buscar su orígen, antes de emplear las denominaciones un peco vagas necesariamente que sirven para designar esta materia. Entre los términos de *materia cósmica* (no la materia brillante de las nebulosas), *medio sideral* ó *planetario*, *éter universal*, empleados hoy, el último, que se remonta á los tiempos mas atrasados, originario de las comarcas meridionales y occidentales del Asia, ha cambiado frecuentemente de significacion en el trascurso de los siglos. Entre los filósofos indios el éter (*âkâ' sa*) formaba parte del *reino de los cinco* (*pantschatâ*); era uno de los cinco elementos, un fluido de una tenüidad incomparable, penetrando el mundo entero, fuente de la vida universal, y conductor del sonido (61). Segun Bopp, «la acepcion etimológica de *âkâ' sa* es *luminoso, brillante*; esta palabra está pues en una tan íntima relacion con el éter de los griegos, como lo está la *luz* con el *fuego*.»

El éter de la escuela jónica, de Anaxágoras y de Empédocles (αιθήρ), era diferente por completo del aire, propiamente dicho (αήρ), sustancia menos delicada, cargada de pesados vapores, que rodea la Tierra, y llega, quizás, hasta la Luna. Era «de naturaleza ígnea, un verdadero aire de fuego, radiante de luz (62), dotado de una estremada tenuidad y de una actividad eterna». Esta definicion corresponde á la verdadera etimología (αἴθειν, quemar) que mas tarde alteraron Platon y Aristóteles de un modo bien estraño, cuando quisieron, llevados de su aficion por las concepciones mecánicas y jugando con las palabras (ἀει θεῖ),

encontrar en ellas el sentido de rotacion perpétua y de movimiento circular (63). Los antiguos no se habian podido inspirar para la concepcion del éter en una analogía cualquiera con el aire de las montañas, mas puro y menos cargado de vapores que el aire de las regiones inferiores; no habian pensado tampoco en la rarefaccion progresiva de las capas atmosféricas, y como por otra parte sus elementos espresaban los diferentes estados físicos de la materia, sin tener relacion alguna con la naturaleza química de los cuerpos (cuerpos no descomponibles), es preciso buscar el orígen de sus ideas acerca del éter, en la oposicion normal y primitiva *de lo pesado* con *lo lijero*, de *lo bajo* con *lo alto*, de *la tierra* con *el fuego*. Entre estos dos términos estremos habia otros dos estados elementales; el agua, mas próxima á la tierra pesada; el aire, mas semejante al fuego lijero (64).

El éter de Empédocles, considerado como un medio, ocupando materialmente el Universo, solo por su estremada tenuidad, tiene analogía con el éter cuyas vibraciones trasversales esplican tan perfectamente en las concepciones puramente matemáticas de la física moderna, la propagacion y las propiedades de la luz, tales como la doble refraccion, la polarizacion, las interferencias. Pero la filosofía de Aristóteles añadia á esta simple nocion, que la materia etérea penetraba todos los organismos vivientes de la tierra, así las plantas como los animales; que en ella residia el principio del calor vital y aun el gérmen de una esencia espiritual que, distinta del cuerpo, dotaba á los hombres de espontaneidad (65). Estas concepciones hacian descender el éter desde las regiones del Cielo á las de la Tierra; lo presentaban como una sustancia estremadamente sutil, penetrando sin cesar en la atmósfera y cuerpos sólidos; análogo en todo, en una palabra, al éter de Huygens, de Hooke y de los físicos modernos, al éter que propaga la luz

por sus ondulaciones. Pero lo que establece desde luego una diferencia entre las dos hipótesis del éter jónico y del éter moderno, es que los filósofos griegos, escepto Aristóteles, que no participaba del todo de esta opinion, atribuian al éter la facultad de brillar por sí mismo. El éter ígneo de Empédocles recibe espresamente el nombre de *luminoso* (μαμφανόων); durante ciertos fenómenos los habitantes de la Tierra veíanle brillar, como el fuego, á través de las hendipuras (χάσματα) del firmamento (66).

En la época en que se siguen en todas direcciones las relaciones de la luz con el calor, la electricidad y el magnetismo, hay una tendencia natural hácia la esplicacion de los fenómenos térmicos y electro-magnéticos por vibraciones análogas á esas ondas trasversales del éter universal á las que ya se refieren todos los fenómenos de la luz. Bajo este respecto puede decirse, que se reservan al porvenir grandes descubrimientos. La luz y el calor radiante, que le es inseparable, constituyen para los cuerpos celestes que no tienen brillo propio, la base principal de toda vida orgánica (67). Y aun lejos de la superficie, allí donde el calor penetra en el interior de la corteza terrestre, engendra corrientes electro-magnéticas, las cuales á su vez, provocan acciones químicas de descomposicion y recomposicion, dirigen las lentas formaciones del reino mineral, obran sobre las perturbaciones de la atmósfera y ejercen su influencia hasta en las funciones vitales de todos los séres organizados. Si la electricidad en movimiento da orígen á las fuerzas magnéticas; si es preciso creer con Guillermo Herschell (68), que el Sol mismo se halla «en el estado de aurora boreal perpétua,» yo diré á mi vez, casi en el estado de perpétua tormenta electro-magnética, ¿sería aventurado pensar tambien que la luz, propagándose en el espacio por las ondulaciones del éter, debe ir acompañada de fenómenos electro-magnéticos?

Nada, en verdad, ha revelado hasta aquí en los cambios periódicos de la inclinacion, de la declinacion y de la intensidad, que el magnetismo terrestre esté colocado bajo la influencia de las distintas posiciones del Sol ó de la Luna (*a*). La polaridad magnética de la Tierra no ofrece anomalía alguna relativa á una causa semejante y capaz, por ejemplo, de afectar de una manera sensible la precesion de los equinoccios (69). Un solo fenómeno de este órden puede citarse: el movimiento de oscilacion ó de rotacion tan notable, que el conoluminoso del cometa de Halley presentó en 1835. Bessell, por lo menos, despues de haber observado esas apariencias desde el 12 al 22 de octubre «se convenció de la existencia de una fuerza polar absolutamente distinta de toda gravitacion, porque la materia que formaba la cola del cometa esperimentaba, por parte del Sol, *una accion repulsiva* (70)».

Los efectos del calor radiante en los espacios celestes parecerán menos problemáticos que la influencia atribuida aquí al electro-magnetismo. La temperatura de esos espacios es, segun Fourier y Poisson, resultado de las irradiaciones del Sol y de todos los astros; irradiaciones disminuidas por la absorcion que esperimenta el calor al atravesar el espacio «lleno de éter (71).» El calor de orígen estelar habia sido indicado ya bajo muchas formas por los antiguos griegos y romanos (72); no porque siguieran la opinion dominante en virtud de la cual, los astros ocupaban la region ígnea del éter, si no porque atribuian á los astros mismos una naturaleza ígnea (73). Aristarco de Samos habia enseñado ya que las estrellas y el Sol eran de una sola y misma naturaleza.

El interés que habian dado los trabajos de los dos gran-

(*a*) Véanse las *Observaciones complementarias*, pág. 364 de la primera parte del tomo III.

des geómetras franceses, cuyos nombres acabo de citar, al problema de determinar de un modo aproximado la temperatura de los espacios celestes, ha llegado á ser mucho mas vivo en los últimos tiempos, cuando se ha comprendido toda la importancia del papel que la irradiacion de la superficie terrestre hácia el Cielo, representa en los conjuntos de los fenómenos térmicos, y aun puede decirse que en las condiciones de habitabilidad de nuestro planeta. Segun la *Teoría analítica del calor* de Fourier, la temperatura de los espacios planetarios ó celestes debe ser inferior en poco á la temperatura media de los polos. Quizás esta, por debajo del mayor frio que se haya observado en las comarcas polares; en su consecuencia, Fourier la evalúa en — 50° ó — 60°.

El *polo glacial*, es decir, el punto en que se producen las mas bajas temperaturas, no coincide mas con el polo de rotacion, que *el ecuador termal*, línea formada por los puntos mas cálidos de todos los meridianos, con el ecuador geográfico. La temperatura del polo norte, por ejemplo, deducida por extrapolacion de la marcha de las temperaturas medias en las localidades próximas á él, es de — 25° segun Arago, mientras que el capitan Back midió en Enero de 1834 un minimum de temperatura de — 56°, 6, en el fuerte Reliance, á los 62° 46′ de latitud (74). La temperatura mas baja de cuantas se han medido en la Tierra es positivamente la observada por Neveroff en Iakoutsk el 21 de Enero de 1838, á los 62° 2′ de latitud. Sus instrumentos habian sido comparados á los de Middendorf cuyos trabajos son todos tan exactos. Neveroff halló — 60°.

Una de las numerosas causas de la incertidumbre que afecta la evaluacion numérica de la temperatura del espacio, proviene de que no ha sido posible llevar á esta operacion los datos relativos á los polos de frio de los dos hemisferios; y esto porque la meteorologia del polo austral es aun muy poco conocida para permitirnos deducir de ella la

temperatura media del año hácia ese polo. En cuanto á la opinion emitida por Poisson, segun la cual las distintas regiones del espacio tienen temperaturas muy diferentes, de suerte que el globo terrestre, arrastrado por el movimiento de traslacion general del sistema solar, recorre sucesivamente regiones cálidas y regiones frias, y recibe así su calor interno del exterior (75), no puede tener para mí mas que un grado de verosimilitud muy pequeño.

Respecto á saber si la temperatura del espacio, ó *el clima* de ciertas regiones celestes, puede esperimentar, andando los siglos, variaciones considerables, cuestion es que depende principalmente de la solucion de aquel otro problema propuesto por Guillermo Herschell: ¿están sometidas las nebulosas á trasformaciones progresivas? La materia cósmica que las forma, ¿se condensa alrededor de uno ó de muchos núcleos, obedeciendo á las leyes de la atraccion? Semejante condensacion de la materia nebulosa, deberia dar lugar, con efecto, á una produccion de calor, como el paso de los cuerpos del estado fluido ó líquido al estado sólido (76). Pero si es un hecho, como se cree hoy y como lo prueban las importantes observaciones de Rosse y de Bond, que todas las nebulosas, comprendiendo aquellas cuya resolucion no ha podido aun efectuar la potencia de los mas grandes telescopios, son constelaciones escesivamente apretadas, esta creencia hácia una produccion de calor perpétuamente creciente debe quebrantarse un poco. No perdamos de vista, sin embargo, otras consideraciones menos desfavorables á esta tésis. Pequeños astros sólidos, cuya aglomeracion produce en nuestros anteojos el efecto de un contínuo resplandor, podrian esperimentar variaciones de densidad á medida que fueran agrupándose en cantidades de masa mayor. Ademas, numerosos hechos comprobados en nuestro propio sistema solar, esplican fácilmente la formacion de los planetas y su calor interno por el tránsito del estado ga-

seoso al estado sólido, y por la condensacion progresiva de la materia aglomerada en esferoides.

A primera vista estrañará oir hablar de la influencia relativamente *beneficiosa* que la espantosa temperatura del espacio, inferior al punto de congelacion del mercurio, ejerce de una manera indirecta, es cierto, sobre los climas habitables de la tierra y sobre la vida de los animales ó de las plantas. Para comprender lo exacto de esta espresion, basta, sin embargo, reflexionar sobre los efectos de la irradiacion. La superficie de la Tierra calentada por el Sol y aun la atmósfera hasta sus capas superiores, irradian libremente hácia el cielo. La pérdida de calor que resulta depende, casi esclusivamente de la diferencia de temperatura entre los espacios celestes y las últimas capas de aire. ¡Qué enorme pérdida de calor no esperimentariamos, por este camino, si la temperatura del espacio, en vez de ser de — 60°, estuviese reducida á — 800°, por ejemplo, ó á 1,000 veces menos aun (77)!

Quedan por desarrollar dos consideraciones relativas á la existencia de un fluido que pudiera llenar el Universo. La primera y mas infundada descansa en la trasparencia imperfecta del espacio. La otra, indicada por las revoluciones regularmente acortadas del cometa de Encke, se apoya en observaciones inmediatas y está sujeta á los números. En Brema, Olbers, y Luis de Cheseaux, en Ginebra, ochenta años antes, segun Struve fijaron ese dilema (78). Puesto que es imposible imaginar, á causa del espacio infinito, un solo punto de la bóveda celeste que no deba presentarnos una estrella, es decir, un sol, preciso es admitir esta alternativa: ó la bóveda entera del cielo deberia parecernos tan brillante como el Sol, si la luz llega sin debilitarse á nosotros, ó puesto que el Cielo está muy lejos de presentar este brillo, es preciso atribuir al espacio el poder de debilitar la luz en mayor razon que el cuadrado de la distancia. Ahora

bien: como la primera alternativa no se ha realizado, como no vemos brillar al Cielo con el resplandor uniforme que sirve de argumento á Halley para apoyar otra hipótesis (79), es necesario admitir desde luego, con Cheseaux, Olbers y Struve que el espacio carece de trasparencia absoluta. Las medidas estelares de Guillermo Herschell (80), y otras ingeniosas investigaciones del mismo observador sobre la fuerza de penetracion de sus grandes telescopios, parecen demostrar que si la luz de Sirio se debilitase en su carrera, solo en $^1/_{800}$, por la interposicion de un medio cualquiera, esta simple hipótesis de un fluido ó de un éter capaz de absorber en un grado tan pequeño los rayos luminosos, seria bastante para esplicar todas las apariencias actuales. Entre las dudas que el célebre autor de las *Outlines of Astronomy* ha opuesto á las ideas de Olbers y de Struve, una de las mas importantes descansa en que su telescopio de 6 metros le permite ver en la mayor parte de la Via láctea, las estrellas mas pequeñas proyectadas sobre *un fondo negro* (81).

He dejado dicho que la marcha del cometa de Encke y los resultados á que condujo este estudio á mi sábio amigo, podian probar de una manera mas directa y mas cierta la existencia de un fluido resistente (82). Pero es necesario representarse ese medio como de naturaleza distinta á la del éter, que forma parte de toda materia. Con efecto, este medio no resiste mas porque no podria penetrar en todo. Para esplicar la disminucion del tiempo periódico y del eje mayor de la elipse descrita por este cometa, seria preciso una accion, una *fuerza tangencial;* ahora bien: la hipótesis de un fluido resistente es precisamente la en que esta fuerza se presenta de la manera mas natural (83). El efecto mas sensible se esperimenta 25 dias antes y 25 dias despues del paso de este cometa por su perielio. Hay, pues, algo de variable en esta resistencia, y esta variabilidad se esplica tambien, puesto que. las capas estremadamente raras del

medio resistente, deben gravitar hácia el Sol y llegar á ser cada vez mas densas en la proximidad de este astro. Olbers iba mas lejos (84): pensaba que el fluido no podia permanecer en reposo; que debia girar alrededor del Sol con un movimiento directo, y que la resistencia opuesta por ese fluido á los movimientos del cometa directo de Encke debia ser muy diferente del efecto producido sobre los de ún cometa retrógrado como el de Halley. Pero cuando se trata de cometas de largo período, el cálculo de las perturbaciones complica los resultados. Por otra parte, las diferencias de masa y de magnitud de los cometas impiden distinguir la parte que pertenece á cada influencia.

Tal vez la materia nebulosa que forma el anillo de la luz zodiacal, no es, segun dice Juan Herschell, sino la parte mas densa de ese medio cuya resistencia se hace sentir en la marcha de los cometas (85). Aun cuando estuviera probado que las nebulosas se reducen todas á simples constelaciones visibles imperfectamente, no déjaria por eso de constar como un hecho, que un número inmenso de cometas abandonan contínuamente materia á los espacios celestes por la disipacion de sus enormes colas cuya longitud ha podido llegar y esceder á 10.000,000 de miriámetros. Arago, fundado en ingeniosas consideraciones ópticas, ha demostrado (86) cómo las estrellas variables que arrojan la luz blanca sin visos de coloracion sensible en sus diferentes fases, podrian suministrar un medio de determinar el límite superior de la densidad probable del éter, admitiendo, sin embargo, que ese éter poseyera un poder refringente capaz de asimilarse al de los gases terrestres.

Esta teoría de un medio etéreo llenando el Universo, está en íntima relacion con otra cuestion iniciada por Wollaston acerca del límite de la atmósfera (87), límite cuya altura no debe en caso alguno esceder del punto en que la electricidad específica del aire equilibra á la pesantez. Fa–

raday ha hecho ingeniosas investigaciones acerca del límite de la atmósfera del mercurio, determinada por la altura á que los vapores mercuriales dejan de adherirse á una hoja de oro y precipitarse en ella. Esos trabajos han dado mas importancia á la hipótesis segun la cual el límite estremo de la atmósfera estaria perfectamente determinado y «semejante á la superficie del mar.» Cualquiera que sea este límite estremo ¿pueden penetrar en la atmósfera sustancias análogas á los gases, y de orígen cósmico, mezclarse á ella é influir en los fenómenos meteorológicos? Newton trató esta cuestion, y se inclinaba afirmativamente respecto de ella (88).

Si pueden considerarse las estrellas errantes y las piedras meteóricas como verdaderos asteróides planetarios, puede admitirse tambien que durante las apariciones de noviembre (89), en 1799, 1833 y 1834, cuando millares de estrellas errantes acompañadas de auroras boreales tachonaban el firmamento, la atmósfera debió recibir de los espacios algo estraño que pudo prepararla al desarrollo de los fenómenos electro-magnéticos.

II

VISION NATURAL Y TELESCÓPICA.—CENTELLEO DE LAS ESTRELLAS.—VELOCIDAD DE LA LUZ.—RESULTADOS DE LAS MEDIDAS FOTOMÉTRICAS.

El descubrimiento del telescopio realizado hace dos siglos y medio, dió á la vista, órgano de la contemplacion del Universo, una fuerza enorme para penetrar en el espacio, estudiar la forma de los astros, y llevar la investigacion hasta las propiedades físicas de los planetas y de sus satélites. El primer anteojo fue construido en 1608, siete años despues de la muerte del gran observador Ticho. Numerosas conquistas debidas á este invento, precedieron á la aplicacion que se hizo de él á los instrumentos de medida. Habíanse ya descubierto sucesivamente los satélites de Júpiter, las manchas del Sol, las fases de Venus, la entonces llamada *triplicidad* de Saturno, las constelaciones telescópicas y la nebulosa de Andrómeda (90), cuando al astrónomo francés Morin, ya célebre por sus trabajos sobre los problemas de las longitudes, ocurriósele la idea de fijar un anteojo á la alidada de un instrumento destinado á medir ángulos, tratando de ver en pleno dia á Arturo (91). El rigor que se ha sabido dar despues á las divisiones de los círculos, tuvo por resultado aumentar la precision de las observaciones; pero esta ventaja se hubiera perdido, si por

medio de la union de los instrumentos ópticos con los aparatos astronómicos, no se hubiera dado el mismo grado de perfeccion á la exactitud de la mirada y á la de la medida de los ángulos. Seis años despues, en 1640, el jóven y hábil Gascoigne completó este descubrimiento y le dió todo su valor colocando en el foco del anteojo un retículo formado de hilos separados (92).

Así, la aplicacion del telescopio al arte de ver y de medir, no va mas allá de los últimos 240 años de la historia de las ciencias astronómicas. Escluyendo la época caldea, la de los Egipcios y la de los Chinos, quedan todavía mas de diez y nueve siglos, contados desde Arístiles y Timocaris hasta el descubrimiento de Galileo, durante los cuales la posicion y el curso de los astros fueron observados constantemente á simple vista. Cuando se consideran las numerosas trasformaciones porque debió pasar el progreso de las ideas durante este largo período entre los pueblos que habitaron las riberas del mar Mediterráneo, admira todo lo que vieron Hiparco y Tolomeo sobre la precesion de los equinoccios, los movimientos complicados de los planetas, las dos principales desigualdades de la Luna y los lugares de las estrellas; todo lo descubierto por Copérnico referente al sistema del Mundo; todo lo que empezó á hacer Ticho para restaurar la astronomía práctica y llegar á la perfeccion de sus métodos; sorprende, repito, que tantos trabajos y progresos hayan precedido al descubrimiento de la *vision telescópica*. Largos tubos, empleados quizás por los antiguos, y de los que se sirvieron los árabes para dirigir visuales á través de los dióptricos ó las aberturas de sus alidadas, pudieron en verdad mejorar hasta cierto punto las observaciones. Abul Hassan habla en términos precisos de tubos á cuya estremidad fijábanse los dilatadores oculares y objetivos, y esta disposicion estaba tambien en uso en Meragha, donde se habia fundado un observa-

torio por Hulagu. ¿De qué manera favorecian estos tubos el descubrimiento de las estrellas en el crepúsculo y su mas pronta y fácil distincion? Una observacion de Arago lo esplica. Esos tubos suprimen una gran parte de la luz difusa que proviene de las capas atmosféricas colocadas entre el ojo y el astro observado; protejen la vista aun durante la noche contra la impresion lateral que producen las partículas de aire débilmente iluminadas por el conjunto de los astros del firmamento. La intensidad de la imágen luminosa y las dimensiones aparentes de las estrellas se ensanchan tambien entonces de una manera sensible. En un pasaje muy corregido y controvertido en donde Estrabon habla de la vision á través de los tubos, se trata de «la figura amplificada de los astros.» Es evidente que no tiene razon de ser la alusion que se ha creido iba envuelta en estas palabras respecto de los efectos de los instrumentos refractores (94).

Cualquiera que sea el orígen de la luz, ya producida directamente por el Sol, ya reflejada por los planetas, bien emane de las estrellas ó de la madera podrida, bien de la actividad vital de las luciérnagas, siempre obedece de la misma manera á las leyes de la refraccion (95). Pero si se someten al análisis prismático luces de diversos orígenes y que provengan del Sol ó de las estrellas, por ejemplo, presentan diferencias en la posicion de las rayas oscuras que descubrió Wollaston en el espectro solar en 1808, y cuya posicion fue determinada por Frauenhofer con tanta exactitud doce años despues. Frauenhofer habia contado 600 de esas rayas oscuras que son propiamente hablando lagunas, interrupciones, y partes deficientes en el espectro. Su número se eleva á mas de 2,000 en las bellas investigaciones que hizo David Brewster en 1833 por medio del óxido de ázoe. Habíase observado la falta de ciertas rayas en el espectro solar en determinadas épocas del año; pero

Brewster ha demostrado que este fenómeno depende de la altura del Sol, y puede esplicarse por la absorcion variable que la atmósfera ejerce sobre los rayos luminosos.

Como era de esperar se han reconocido todas las particularidades del espectro solar en los espectros formados con la luz de igual orígen que la Luna, Vénus, Marte, ó las nubes reflejan hácia nosotros. Por el contrario las rayas del espectro de Sirio difieren de las del Sol y de las demás estrellas. Castor presenta rayas distintas á las de Polux y Procion. Estas diferencias indicadas ya por Frauenhofer, fueron confirmadas por Amici, á quien se debe tambien la ingeniosa observacion de que las rayas negras del espectro difieren aun entre las estrellas cuya luz es hoy de un *blanco* poco dudoso. Abrese aquí, pues, un ancho campo á las investigaciones del porvenir (96), puesto que queda todavía por distinguir en los hechos adquiridos la parte que puede pertenecer á las acciones estrañas, á la accion absorbente de la atmosfera, por ejemplo.

Otro fenómeno en el que las propiedades esenciales de la luz ejercen una influencia considerable, hay que citar aqui. La luz de los cuerpos sólidos hechos luminosos por el calor, y la de la chispa eléctrica presentan grandes diferencias en el número y la posicion de las rayas de Frauenhofer. Estas diferencias son aun mayores, segun las notables investigaciones que Wheatstone ha llevado á cabo, por medio de su espejo giratorio, acerca de la velocidad de la luz producida por la electricidad del frotamiento; esta velocidad estaria en tal caso con la de la luz solar en la relacion de 3 á 2, puesto que se ha evaluado en 46,000 miriámetros por segundo.

Malus llegó al descubrimiento de la polarizacion en el año 1808 (97), pensando sobre un fenómeno que accidentalmente le habian presentado los rayos del Sol poniente reflejados por las ventanas del palacio de Luxemburgo.

Este descubrimiento dió enseguida nueva vida á todas las partes de la óptica. En él está el gérmen de esas profundas investigaciones sobre la doble refraccion, la polarizacion ordinaria (la de Huygens) y la polarizacion cromática cuyos fecundos resultados proporcionaron al observador el medio de distinguir la luz directa de la luz reflejada (98), penetrar el secreto de la constitucion del Sol y de sus capas luminosas (99), medir las gradaciones mas pequeñas de la presion y de la propiedad higrométrica de las capas de aire, distinguir los escollos en el fondo del mar por medio de una plancha sencilla de turmalina (100), y aun el poder juzgar anticipadamente á imitacion de Newton la composicion química de ciertas sustancias segun sus propiedades ópticas (1). Basta citar los nombres de Airy, Arago, Biot, Brewster, Cauchy, Faraday, Fresnel, Juan Herschell, Lloyd, Malus, Neumann, Plateau, Seebeck, para recordar al lector una série de brillantes descubrimientos y las felices aplicaciones de que fueron causa. La senda además estaba abierta, y quizás no sea esto bastante decir, por los trabajos de un hombre de génio, de Thomas Young. El polariscopo de Arago y la observacion de las frangas de difraccion coloreadas que resultan de la interferencia, han llegado á ser un medio usual de investigacion (2). En esta nueva y fecunda via ha hecho la meteorología tantos progresos por lo menos como la parte física de la astronomía.

Cualesquiera que sean las diferencias que presente la fuerza de la vista entre los hombres, hay en esto, sin embargo, cierto medio de aptitud orgánica, medio que ha permanecido sensiblemente el mismo en la raza humana desde los antiguos tiempos de Grecia y de Roma. Las estrellas de las Plèyadas atestiguan esta invariabilidad demostrando que las estrellas estimadas de 7.ª magnitud por los astrónomos escapaban hace miles de años como hoy á las miradas de alcance ordinario. El grupo de las Pléyadas com-

prende: una estrella de 3.ª magnitud, Alcion; dos de 4.ª, Electro y Atlas; tres de 5.ª, Mérope, Masia y Taigetes; dos de 6.ª á 7.ª magnitud, Pleiona y Celeno; una de 7.ª á 8.ª magnitud, Asterope, y un gran número de estrellas telescópicas muy pequeñas. Me sirvo aquí de las denominaciones actuales porque entre los antiguos no se aplicaban todos los nombres igualmente á las mismas estrellas. Solo se distinguen fácilmente las seis primeras estrellas de 3.ª, 4.ª y 5.ª magnitud (3): Quæ septem dici, sex autem esse solent, dice Ovidio (Fast. IV, 170). Suponíase que Mérope, una de las hijas de Atlas, única que se desposó con un mortal, se habia ocultado avergonzada, ó mejor dicho habia desaparecido por completo. Probablemente era la estrella de 6.ª á 7.ª magnitud, llamada hoy Celeno; porque Hiparco hace observar en su Comentario sobre Arato, que en las noches serenas y sin luna se distinguian efectivamente siete estrellas. Luego entonces veíase á Celeno. En cuanto á la otra estrella de igual magnitud, Pleiona, está muy cerca de Atlas que es de 4.ª magnitud.

La pequeña estrella Alcor, colocada segun Triesnecker, á una distancia de Mizar de 11′ 48″, en la cola de la Osa Mayor, es de 5.ª magnitud segun Argelander; pero aparece como eclipsada por el brillo de Mizar. Los Arabes la habian denominado *Saidak*, es decir, la prueba, porque «servíanse de ella para probar el alcance de la vista;» segun espresion de Karwini, astrónomo persa (4). Bajo los trópicos percibia yo á simple vista todas las tardes á Alcor, á pesar de la pequeña altura de la Osa Mayor, pero hallábame entonces en la costa no lluviosa de Cumana ó sobre las mesetas de las Cordilleras, á 4,000 metros sobre el nivel del mar. Rara vez he visto esta estrella en Europa ó en las estepas del norte del Asia donde es tan seco el aire, y todavía no estoy seguro de reconocerla. Segun una observacion exactísima de Mædler, el límite de distancia á partir del cual no pue-

den ser distinguidas una de otra dos estrellas á simple vista, depende de su brillo relativo. Por ejemplo, la vista separa sin esfuerzo las dos estrellas de 3.ª y de 4.ª magnitud, designadas bajo el nombre de α del Capricornio: su mútua distancia es de 6 minutos y medio. Cuando el aire es muy puro, Galle cree distinguir todavía á simple vista la ε y la 5.ª de la Lira, cuya distancia es de 3 minutos y medio; y esto porque esas estrellas son ambas de 4.ª magninitud. Por el contrario, si los satélites de Júpiter son imperceptibles á simple vista es necesario buscar la razon de ello principalmente en la superioridad de brillo del planeta. Debo añadir á pesar de las afirmaciones en contrario, que esos satélites no pueden asimilarse todos por el brillo á estrellas de 5.ª magnitud. Nuevas comparaciones hechas por mi amigo el doctor Galle con estrellas cercanas, han probado que el tercer satélite, es decir el mas brillante, es todo lo mas de 5.ª á 6.ª magnitud, y que los otros cuya luz es variable, oscilan entre el 6.º y 7.º órden de brillo. Pueden, sin embargo, citarse ejemplos de personas que han visto sin anteojo los satélites de Júpiter; pero esas personas estaban dotadas de una vista estraordinaria, y les era dado distinguir á simple vista las estrellas inferiores á la 6.ª magnitud. La distancia angular del satélite mas brillante (el tercero) al centro del planeta es de 4′ 42″; la del cuarto es de 8′ 16″. Esos satélites tienen frecuentemente mas brillo que el planeta, en igualdad de superficie (5); algunas veces, por el contrario, parecen, segun observaciones mas recientes, como manchas grises sobre el disco de Júpiter.

La longitud de los rayos que parecen emanar de los planetas ó de las estrellas, puede evaluarse en 5 ó 6 minutos cuando se los mira á simple vista. Las colas ó rayos divergentes que sirvieron en todo tiempo, y especialmente entre los Egipcios, para simbolizar los astros, no son mas, segun Hassenfratz, que los cáusticos del cristalino, forma-

dos por los rayos refractados. «La imágen de una estrella que se distingue á simple vista, está aumentada por esos rayos parásitos; ocupa en la retina un lugar mayor que el simple punto en donde deberia concentrarse su luz y por ello se debilita la impresion nerviosa. Un grupo de estrellas muy aproximadas, cuyas componentes son individualmente inferiores á la 7.ª magnitud, puede, por el contrario divisarse á simple vista, porque las imágenes dilatadas de esos numerosos puntos estelares, echándose unas sobre las otras, hieren con mas fuerza los diferentes puntos de la retina (6).»

Desgraciadamente los anteojos y los telescopios dan tambien á las estrellas un diámetro ficticio, aunque en menor grado. Las bellas investigaciones de Guillermo Herschell han acreditado que esos diámetros falsos disminuyen cuando se hace mayor el aumento (7); por ejemplo, el diámetro aparente de Vega de la Lira estaba reducido á 0″ 36, cuando el célebre observador daba á su telescopio el aumento enorme de 6,500 veces. Si se trata, no de estrellas y de telescopios, sino de objetos terrestres percibidos á simple vista, la intensidad de la luz emitida no es el único elemento que precisa tener en cuenta para apreciar el grado de visibilidad; otras condiciones intervienen, tales como la magnitud del ángulo visual y la forma misma del objeto. Adams ha observado tambien con mucha exactitud que una vara larga y estrecha se distingue á mucha mas distancia que un cuadrado de igual anchura; de igual manera un rasgo se ve desde mas lejos que un simple punto, todas cosas iguales, por otra parte. Arago se ocupó mucho tiempo en el Observatorio de París de buscar hasta qué punto influyen la forma y los contornos de los objetos en su visibilidad, y para este fin media los pequeños ángulos visuales subtendidos por varas de para-rayos muy apartados. Pero cuando se ha querido determinar el ángulo límite mas

allá del cual cesa la percepcion, es decir, el menor de todos los ángulos bajo el que puede llegar á distinguirse un objeto terrestre, no se ha podido obtener un resultado definitivo con las medidas. Roberto Hooke evaluaba ese ángulo límite en un minuto entero. Tobías Mayer señalaba 34″ para el caso de una mancha negra sobre papel blanco. Leeuwenhoek afirmaba que un hilo de araña era perceptible aun para una vista muy ordinaria bajo un ángulo de 4″ 7. Obsérvase que el límite ha ido siempre bajando. En una série de investigaciones instituidas recientemente por Hueck, para estudiar los movimientos del cristalino, se han podido distinguir rasgos blancos sobre un fondo negro cuando el ángulo visual quedaba reducido á 1″ 2; un hilo de araña ha llegado á verse bajo un ángulo de 0″ 6, y un hilo metálico y brillante bajo un ángulo de 0″ 2 escasamente. El problema no es susceptible de una solucion numérica uniformemente aplicable á todos los casos; todo depende de la forma y de la iluminacion de los objetos, del efecto del contraste producido por el fondo sobre que se destacan, y aun de la naturaleza de las capas de aire, de su calma ó de su agitacion.

Citaré respecto de este asunto la viva impresion que me produjo un fenómeno de este género en Quito, frente del Pichincha. Hallábame en una deliciosa casa de recreo del marqués de Selvaalegre, en Chile, desde la que se veian desarrollarse las crestas estendidas del volcan á una distancia horizontal de 28,000 metros, medida trigonométricamente. A favor de los anteojos de nuestros instrumentos, intentamos ver á mi compañero de viaje Bonpland, que habia emprendido entonces solo una espedicion hácia el volcan. Los Indios colocados cerca de mí lo reconocieron antes que nosotros; señalaron un punto blanco en movimiento á lo largo de los negruzcos basaltos que formaban las laderas de la montaña. Pero pronto pude á mi vez distin-

guir á simple vista aquella forma blanca y movible, y conmigo el hijo del marqués de Selvaalegre, Cárlos Montufar, que debia morir mas tarde víctima de la guerra civil. Bonpland llevaba con efecto una capa blanca de algodon muy usada en el país (el poncho). Como á cada instante flotaba la capa, creo que su longitud tomada por las espaldas podia variar entre 1 metro y 1 metro, 6; y como por otra parte mis medidas habian determinado perfectamente la distancia, puede calcularse fácilmente el ángulo visual: así es que distinguia con claridad el objeto móvil á simple vista bajo un ángulo de 7″ á 12″. Es sabido, además, por las esperiencias repetidas de Hueck, que los objetos blancos sobre un fondo negro se ven á mayor distancia que los objetos negros sobre fondo blanco. Durante la observacion que acabo de referir, el cielo estaba sereno, y los rayos de luz que partian de la region ocupada por Bonpland á 4,682 metros sobre el nivel del mar, atravesaban capas de aire poco densas, para llegar á la estacion de Chillo, cuya altura era de 2,614 metros. La distancia real de las dos estaciones era de 27,805 metros próximamente. Las indicaciones del termómetro y del barómetro diferian mucho de una estacion á otra; abajo la observacion exacta daba 564^{mm}, 41 y 18°, 7; en lo alto hubiéramos encontrado probablemente 437^{mm}, 6 y 8°. El heliótropo de Gauss, del cual sacaron tanto partido los Alemanes en sus medidas geodésicas, nos proporciona un último ejemplo de visibilidad á gran distancia. La luz del Sol, dirigida heliotrópicamente desde los vértices del Brocken sobre los de Hohenhagen, se apercibió á simple vista en esta última estacion á pesar de la distancia de 69,000 metros. En otros casos menos estremados se han distinguido con frecuencia ese género de señales sin necesidad de anteojos, cuando el ángulo subtendido por el espejo del heliótropo (81 milímetros de latitud) estaba reducido á 0″ 43.

Entre las numerosas causas de orígen meteorológico, mal esplicadas todavía por lo general, que modifican profundamente la visibilidad de los objetos lejanos, es necesario distinguir la absorcion que se verifica en el trayecto del rayo luminoso al pasar por las capas atmosféricas mas ó menos densas, mas ó menos cargadas de humedad, y sobre todo la iluminacion del campo de vision por la luz difusa que las partículas del aire reflejan hácia el órgano de la vista. Los trabajos antiguos, pero siempre exactos de Bouguer, acreditan que es necesario para la visibilidad una diferencia de brillo de $^1/_{60}$. Del mismo modo solo vemos por *vision negativa*, segun su espresion, los vértices oscuros de las montañas que se destacan como masas sombrías sobre la bóveda del cielo. Si llegamos á distinguirlos es en virtud únicamente de la diferencia de espesor de las capas de aire que llegan hasta el objeto y hasta el límite estremo del horizonte visible. Por el contrario, distinguimos á lo lejos por medio de la *vision positiva,* objetos brillantes, como cimas cubiertas de nieve, rocas calcáreas blancas ó conos volcánicos formados de piedra pomez. No deja de ofrecer interés para el arte náutico la fijacion de la distancia á la cual pueden reconocerse en el mar, las cimas de ciertas montañas elevadísimas, puesto que por ella podria determinarse la posicion del navío cuando no fueran bastantes las observaciones astronómicas. Al tratar de la visibilidad del pico de Tenerife, me he ocupado muy detenidamente de esta cuestion (8).

Uno de los objetos de mis investigaciones desde mi infancia ha sido la averiguacion de si las estrellas pueden distinguirse á simple vista en pleno dia, ya sea en los pozos de mina muy profundos, ya en los vértices de montañas muy elevadas. Sabia que Aristóteles habia dicho que las estrellas se ven alguna vez en pleno dia cuando se las busca desde el fondo de los algibes ó de las cavernas como

á través de un tubo (9). Plinio ha recordado tambien este dicho, y cita en su apoyo las estrellas que se han reconocido distintamente durante los eclipses de Sol. En la época en que me dedicaba á trabajos metalúrgicos he pasado durante años enteros una gran parte del dia en las galerías y en los pozos mineros, desde donde intentaba, pero en vano, distinguir alguna estrella en el zénit. No logré mas en Méjico, en el Perú y en la Siberia. Ni un solo hombre encontré en las minas de esos paises que hubiera oido hablar de estrellas visibles en pleno dia; y sin embargo, se comprende que en las latitudes tan diferentes, por las que he podido descender bajo tierra, en uno y otro hemisferio, no han faltado ni circunstancias favorables ni estrellas en el Zénit. Esos hechos negativos hacen aun mas estraño en mi concepto el testimonio, muy digno de crédito por otra parte, del célebre óptico que en su juventud habia visto una estrella en pleno dia por el tubo de una chimenea (10). Cuando los fenómenos exigen para su manifestacion el concurso fortuito de circunstancias escepcionalmente favorables, es preciso no anticiparse á negar su realidad por la única razon de su rareza.

Este principio puede ser aplicado, en mi juicio, á otro hecho referido por Saussure, cuyas aserciones tienen siempre tanto fundamento. Es este la posibilidad de ver las estrellas en pleno dia desde lo alto de una montaña muy elevada, como el Mont-Blanc por ejemplo, á la altura de 3.888 metros. «Algunos de los guias me han asegurado, dice el célebre investigador de los Alpes, haber visto estrellas en pleno dia: *yo* no pensaba en ello puesto que no habia sido testigo de ese fenómeno: *pero la asercion uniforme de los guias no me dejó duda alguna acerca de su realidad* (1). Es preciso, por otra parte, estar enteramente á la sombra y tener tambien sobre la cabeza una masa oscura de un considerable espesor, sin cuyas condiciones el

aire demasiado iluminado hace desaparecer la débil claridad de las estrellas.» Las condiciones de visibilidad serian así casi idénticas á las que reunian naturalmente los algibes de los antiguos ó la chimenea anteriormente citada. Nada he podido encontrar análogo á esta asercion memorable (fechada en la mañana del 2 de Agosto de 1787) en los demas Viajes á través de los Alpes suizos. Los hermanos Hermann y Adolfo Schlagintweit, buenos observadores y ambos muy instruidos, recorrieron hace poco tiempo los Alpes orientales hasta el vértice del Gran-Campanario (3.967 metros), sin haber podido nunca distinguir las estrellas en pleno dia, ni encontrar señal de un hecho semejante en las relaciones de los pastores ó de los cazadores de gamuzas. Yo mismo he pasado muchos años en las cordilleras de Méjico, de Quito y del Perú; he subido con Bonpland mas de una vez á alturas superiores á 3.500 y 5.000 metros en el cielo mas bello del mundo, y nunca he podido ver una estrella en pleno dia como le sucedió despues y en iguales circunstancias á mi amigo Boussingault. Sin embargo, era tan oscuro el azul del cielo y tan profundo que mi cianómetro de Paul, de Ginebra, el mismo en que Sausure leia 39° en el Mont-Blanc, me indicaba entre los trópicos 46° para la region zenital del cielo, á una altura comprendida entre 5.200 y 5.800 metros (12). Por el contrario, bajo el cielo magnífico y puro como el éter de Cumana, en las llanuras del litoral, me ha acontecidó mas de una vez despues de haber observado eclipses de los satélites de Júpiter, volver á encontrar á simple vista el planeta, y percibirlo de la manera mas distinta, cuando el disco del Sol habia subido ya á 18 ó 20° sobre el horizonte.

Ocasion es ya de indicar aquí otro fenómeno óptico, del cual solo un ejemplo encuentro en mis numerosas ascensiones á las montañas. Era el 22 de Junio de 1799, sobre la vertiente del pico de Tenerife, en Malpais; momen-

tos antes de la salida del Sol, me hallaba á una altura de 3,475 metros próximamente, sobre el nivel del mar; percibí á simple vista las estrellas bajas agitadas aparentemente por un movimiento muy estraño (*b*). Parecia como que subian al principio puntos brillantes que se movian en seguida lateralmente y volvian á su primitivo lugar. Este fenómeno duró solamente 7 ú 8 minutos, y cesó mucho tiempo antes de salir el Sol por el horizonte del mar. Veíase perfectamente con un anteojo, y examinado del todo no pude dudar que fuesen las estrellas las que se movian así (13). ¿Estas apariencias son producto de la refraccion lateral, sobre la que tanto se ha discutido? ¿Hay en ellas alguna analogía con las deformidades ondulantes que el borde vertical del Sol presenta con tanta frecuencia en su salida, por pequeñas que sean por otra parte esas deformidades, cuando se trate de medirlas? Cualquiera que sea la proximidad del horizonte, no puede mas que aumentar esos movimientos laterales á causa de la tan conocida ilusion óptica. El mismo fenómeno, cosa singular, fue observado medio siglo despues, precisamente en el mismo sitio y antes de salir el Sol, por un observador muy instruido y muy atento, el príncipe Adalberto de Prusia, que lo examinó á simple vista y por medio de anteojo respectivamente. He hallado su observacion en su diario manuscrito y la habia consignado durante el viaje mismo; el príncipe ignoró hasta la vuelta de su espedicion al rio de las Amazonas, que yo habia sido testigo de las mismas apariencias (14). Jamás he hallado la menor señal de refraccion lateral, ni sobre las vertientes de la cadena de los Andes, ni aun en las abrasadoras llanuras de la América del Sud (los Llanos), donde las capas de aire desigualmente calien-

(*b*) V. *Observaciones Complementarias*, pág. 364 de la primera parte del t. III.

tes se mezclan de tan diferentes maneras y producen con frecuencia el fenómeno del espegismo. El pico de Tenerife está mas cerca de nosotros; visítanle con frecuencia viajeros provistos de instrumentos de medida, y puede esperarse, pues, que no llegue á ser olvidado el curioso fenómeno de que he hablado en las investigaciones científicas.

Ya he dicho que es muy digno de notar que los fundamentos de la Astronomía propiamente dicha, la del mundo planetario, hayanprecedido á la época memorable (1608 y 1610) del descubrimiento de la vision telescópica y su aplicacion al estudio del cielo. Jorge Purbach, Regiomontano (Juan Müller) y Bernardo Walther, de Nuremberg, aumentaron á fuerza de trabajos y cuidados el tesoro de la ciencia, herencia de los Griegos y de los Arabes. Poco tiempo despues apareció el sistema de Copérnico, desarrollo de ideas atrevidas y grandiosas. Llegaron luego las observaciones tan exactas de Ticho, y las audaces combinaciones de Keplero, ayudadas por la fuerza del cálculo mas pertinaz que se habia conocido. Dos grandes hombres, Keplero y Galileo, personifican esa fase decisiva de la historia en que la ciencia de las medidas abandona la observacion antigua ya perfeccionada, pero hecha siempre á simple vista, para recurrir á la observacion telescópica. Galileo tenia por entonces 44 años y Keplero 37; Ticho, el mayor astrónomo observador de esa gran época, hacia siete años que habia muerto. He recordado en el tomo precedente, que las tres leyes de Keplero, sus títulos irrecusables hoy á la inmortalidad, no valieron á su autor un solo elogio de sus contemporáneos, incluso el mismo Galileo. Encontradas de una manera puramente empírica, pero mas fecundas para el conjunto de la ciencia que el descubrimiento de nuevos astros, esas tres leyes pertenecen de hecho á la época de la vision natural, es decir, á la época ticoniana; tienen su orígen en las propias

observaciones de Ticho-Brahé, por mas que no llegase á terminar hasta 1609 la impresion de la *Astronomía nova seu Physica cœlestis de motibus stellæ Martis*, y que la tercera ley en virtud de la cual los cuadrados de los tiempos de la revolucion de los planetas son proporcionales á los cubos de los ejes mayores de sus órbitas, no llegara á esponerse en el *Harmónice Mundi* hasta 1619. El principio del siglo XVII en que se verificó el tránsito de la vision natural á la telescópica, ha sido mas importante para la Astronomía y el conocimiento del Cielo que el año 1492 para el del globo terrestre. Adelanto por el cual se engrandeció hasta el infinito la esfera de nuestras investigaciones y el alcance del golpe de vista que nos es dable arrojar sobre la creacion; por el cual se han promovido incesantemente problemas, cuya difícil solucion dió por resultado un desarrollo sin igual en las ciencias matemáticas. Robustecer uno de los órganos de nuestros sentidos equivale muchas veces á robustecer la inteligencia, á estender el círculo de las ideas, y á ennoblecer á la humanidad. En menos de dos siglos y medio hemos debido solo al telescopio el descubrimiento de 13 nuevos planetas y de 4 sistemas de satélites (4 lunas para Júpiter, 8 para Saturno, 4 y quizás 6 para Urano, y 1 para Neptuno), el descubrimiento de las manchas y fáculas del Sol, y el de las fases de Venus. Ha podido estudiarse la forma y medir la altura de las montañas lunares, ver y esplicar las manchas invernales de los polos de Marte, las bandas de Júpiter y de Saturno, así como tambien el anillo que rodea á este último planeta. Los cometas interiores ó planetarios de corto período han sido descubiertos sucesivamente, y un número inmenso de otros fenómenos ocultos á simple vista. No es esto todo, sin embargo; si nuestro sistema solar ha recibido en 240 años tal incremento, despues de haber permanecido durante tantos siglos restringido aparentemente á 6 planetas y á una sola luna,

el cielo sideral ha ganado mas aun, y los descubrimientos que en él se han hecho esceden á cuanto podia esperarse. Las nebulosas y las estrellas dobles han sido contadas y clasificadas por millares. Los movimientos propios de todas las estrellas nos han llevado al conocimiento del de nuestro propio Sol. Los movimientos relativos de las estrellas dobles que circulan alrededor de su centro de gravedad comun, han demostrado que las leyes de la gravitacion se cumplen tambien en esas apartadas regiones del Universo, lo mismo que en el espacio mas reducido donde se mueven nuestros planetas. Desde que Morin y Gascoigne adaptaron los lentes á los instrumentos de medida, el arte de fijar en el Cielo las posiciones aparentes de los astros ha llegado á un grado de precision estraordinario. Merced á este artificio ha sido posible medir, hasta una pequeña fraccion cerca del segundo de arco, la elipse de aberracion de las fijas, su paralaje, la distancia mútua de las estrellas componentes de cada sistema binario. De este modo se ha elevado progresivamente la Astronomía, de la concepcion de sistema solar á la de un verdadero sistema del Universo.

Sabido es que Galileo descubrió las lunas de Júpiter con un aumento de 7 veces, y que nunca pudo pasar del de treinta y dos veces. Ciento setenta años mas tarde Guillermo Herschell en sus investigaciones aumentaba en 6500 veces los diámetros aparentes de Arturo y de Vega de la Lira. A contar de la mitad del siglo XVII, todos los esfuerzos se dirigieron hácia la construccion de largos anteojos. Cierto es que Huyghens descubrió en 1655 con un anteojo de solo 4 metros, el primer satélite de Saturno (Titan, sesto en el órden de las distancias al centro del planeta); pero mas adelante los anteojos que dirigia hácia el Cielo tenian 40 metros. Constantino Huyghens, hermano del célebre astrónomo, construyó tres objetivos de 41, 55 y 68

metros de longitud focal, los cuales se encuentran aun en la Sociedad real de Lóndres. Sin embargo, y como dice Huyghens terminantemente, habíase limitado á ensayar sus objetivos sobre cuerpos terrestres (15). Auzout construia ya en 1663 anteojos gigantescos sin tubos, en los que por consiguiente el ocular no estaba ligado al objetivo por intermedio alguno sólido y fijo. Bajo ese sistema hizo un objetivo de 97 metros de foco capaz de producir un aumento de 600 veces (16). Objetivos de este género cortados por Borelli, Campani, Hartsoeker, y fijos en palos, fueron los que sirvieron de gran utilidad para la ciencia usados por Domingo Cassini; pues con ellos llegó á descubrir uno despues de otro el octavo, quinto, cuarto y tercer satélite de Saturno. Los objetivos de Hartsoeker tenian 81 metros de distancia focal. Durante mi estancia en el Observatorio de París, tuve ocasion frecuente de usar los de Campani grandemente reputados bajo el reinado de Luis XIV; y cuando pensaba en la pequeñez de los satélites de Saturno, y en la dificultad de manejar grandes aparatos compuestos de palos y cuerdas (17), no podia menos de admirar en todo su valor la habilidad y la decidida perseverancia de los observadores de aquella época.

Las ventajas que se atribuian entonces á las dimensiones gigantescas llevaron á los grandes espíritus á la concepcion de esperanzas desmesuradas, de las que tantos ejemplos ofrece la historia de las ciencias. Así Hooke propuso la construccion de un anteojo de 10,000 pies (mas de 3 kilómetros) con el fin de ver los animales en la Luna; Auzont mismo no pudo menos de combatir esta idea (18). No se tardó mucho en comprender cuan incómodos eran esos instrumentos en la práctica, cuando su longitud focal pasaba de 30 metros; tambien Newton hizo grandes esfuerzos segun Mersenio y Gregory, de Aberdeen, para popularizar en Inglaterra los telescopios mucho mas cortos, que obran por

reflexion. Bradley y Pound compararon cuidadosamente los efectos de un telescopio con espejo, de Hadley, cuya distancia focal no escedia de 1ᵐ, 6, con los del refractor de cuarenta y un metros construido por Constantino Huyghens, del cual se ha hecho ya mencion: la ventaja fué para el primer instrumento. Entonces se estendieron por todas partes los costosos telescopios de Short, reinando sin rival hasta la época (1759) en que Juan Dollond tuvo la suerte de descubrir la solucion práctica del problema del acromatismo, propuesto por Leonardo Euler y Klingenstierna, dando con esto una gran superioridad á los anteojos. Digamos aquí que los derehos de prioridad incontestables del misterioso Chester More Hall, del condado de Essex (1729), no fueron conocidos del público hasta que Dollond obtuvo un privilegio por sus anteojos acromáticos (19).

No duró mucho sin embargo esta victoria de los refractores. Apenas habian trascurrido diez y ocho ó veinte años desde que Dollond enseñara el modo de realizar el acromatismo por la combinacion de lentes formadas de crowns y de flint-glas, y ya se modificaban las ideas bajo la justa impresion de asombro que produjeron en Inglaterra y en el continente los inmortales trabajos del aleman Guillermo Herschell. Habia este construido un gran número de telescopios de 7 pies ingleses (2 metros) y de 20 pies (6 metros) de longitud focal, cuyo aumento podia elevarse á 2200 y aun á 6000 veces; y hasta construyó uno de 40 pies (12ᵐ, 2). Con este último telescopio descubrió los dos satélites interiores de Saturno, empezando por el segundo llamado despues Encelada y á poco Mimas, el mas próximo al anillo. El descubrimiento de Urano hecho en 1781, se debe al telescopio de 7 pies. Los satélites tan débiles de este planeta fueron vistos en 1787 á favor del telescopio de 20 pies dispuesto para la vista de frente *(front-view)* (20). La perfeccion superior que supo dar este grande hombre á

los espejos de sus telescopios, la ingeniosa disposicion merced á la cual no son reflejados los rayos luminosos mas que una vez, y sobre todo, una série no interrumpida de cuarenta años de vigilias y de trabajos, han llevado la luz á todas las ramas de la Astronomía física en el Mundo de los planetas, lo mismo que en el de las nebulosas y de las estrellas dobles.

El largo imperio de los anteojos reflectores debia tener su término. Desde los cinco primeros años del siglo XIX se estableció entre los constructores de anteojos acromáticos una rivalidad beneficiosa en cuanto al progreso y la perfeccion. Creáronse entonces esas grandes máquinas paralácticas, en las que los anteojos mas grandes están movidos por relojes con la regularidad de los movimientos celestes. Era preciso un flint perfectamente homogéneo y sin estrías para los objetivos de estraordinaria magnitud que se llegó á exigir á los constructores. Este flint fué fabricado con éxito en Alemania en el establecimiento de Utzschneider y de Frauenhofer á los cuales sucedieron Merz y Mahler. En Suiza y en Francia los talleres de Guinand y Bontems suministraron esta preciosa materia á los trabajos de Lerebours y Cauchoix. Basta ahora echar una rápida ojeada sobre la historia de estos progresos y citar como ejemplos los grandes refractores construidos bajo la direccion de Frauenhofer para los observatorios de Lorpat y de Berlin, cuyos refractores tienen cada uno 24 centímetros de abertura y 4^m, 4 de distancia focal; los refractores construidos por Merz y Mahler, para Poulkova en Rusia, y para Cambridge en los Estados-Unidos (21), que tienen uno y otro 38 centímetros de abertura y 6^m, 8 de foco; y por último, el eliómetro del observatorio de Kœnigsberg, cuyo objetivo tiene 16 centímetros de abertura. Este último instrumento que ha inmortalizado los trabajos de Bessel, ha sido durante mucho tiempo el mayor de su clase. Réstanos por citar los anteojos dia-

líticos, tan cortos y sin embargo tan poderosos en claridad, construidos primeramente por Plossel en Viena, y cuyas ventajas habian sido reconocidas casi al mismo tiempo por Rogers en Inglaterra, y que son dignos seguramente de que se trate de construirlos en grandes dimensiones.

En esta misma época cuyos trabajos indico aquí, por la gran influencia que ejercieron bajo el punto de vista cósmico, los progresos de la Mecánica sucedieron de muy cerca á los de la Óptica y de la fabricacion de relojes. Perfeccionáronse sucesivamente los instrumentos de medida, sobre todo los micrómetros, los círculos meridianos y los sectores zenitales. Recordaré aquí entre otros muchos nombres distinguidos en esta senda los de Ramsden, Troughon, Fortin, Reichenbach, Gambey, Ertel, Steinhel, Repsold, Pistor, d'Oertling para los instrumentos de medida. Para los cronómetros y péndulos astronómicos citaré á Mudge, Arnold, Emery, Earnshaw, Bréguet, Jürgensen, Kessels, Winnerl, Tiede. Pero donde se manifiesta especialmente la rivalidad de perfeccion entre los instrumentos ópticos y los aparatos de medida es en los bellos trabajos de Guillermo y de Juan Herschell, de South, de Struve, de Bessel y de Dawes, sobre las distancias y los movimientos periódicos de las estrellas dobles. Sin ese progreso hubiera sido imposible con toda seguridad, la ejecucion de inmensos trabajos como los de Struve, por ejemplo, que midió un gran número de veces mas de 100 sistemas binarios, en que la distancia de las estrellas componentes es menos de 1″, y otros 336 sistemas comprendidos entre 1″ y 2″ (22).

De pocos años acá, dos hombres agenos á toda actividad industrial, por su posicion social, pero animados de un noble amor por la ciencia, el conde de Rosse en Parsonstown (19 kilómetros al Oeste de Dublin), y Lassell en Starfield, cerca de Liverpool, hicieron construir bajo su inmediata direccion y con arreglo á sus ideas dos telescopios re-

flectores que despertaron entre los astrónomos la mas viva atencion (23). El de Lassell tiene solo 61 centímetros de abertura y 6 metros de distancia focal; á él se debe el descubrimiento de un satélite de Neptuno, y de un octavo satélite de Saturno; y además, la nueva aparicion de dos satélites de Urano. El nuevo telescopio de Rosse es gigantesco; tiene 6 pies ingleses (1^m, 83) de abertura y 50 pies (15^m) de longitud. Está colocado en el meridiano, entre dos muros de 14 á 16 metros de altura, los cuales dejan al tubo un espacio libre á cada lado del meridiano próximamente de 3 metros y medio. Muchas nebulosas que no habia podido resolver todavía instrumento alguno, han sido descompuestas en estrellas por ese magnífico telescopio. Merced á la enorme cantidad de luz que concentra el espejo, por primera vez hánse podido determinar las formas y contornos verdaderos de otras nebulosas que de este modo han sido completamente estudiadas.

Como ya hemos dicho el primero que aplicó los anteojos á los instrumentos de medida no fué Picard, ni Auzout, sino el astrónomo Morin. En 1638, Morin concibió la idea de sacar partido de su invento para observar las estrellas en pleno dia, y espone su idea en los siguientes términos (24): «Para determinar las posiciones absolutas de las estrellas en una época en que no existian aun los anteojos (en 1582, 28 años antes del invento), Ticho se valió de Venus que comparaba á las estrellas durante la noche y al Sol durante el dia. No fué, sin embargo, el deseo de evitar este rodeo, lo que sugirió á Morin un descubrimiento que podria servir de mucho para la determinacion de las longitudes en el mar; llegó á él por un camino mas sencillo, pensando que si *antes* de levantarse el Sol se dirigiera un anteojo no solamente á Venus sino tambien á Arturo ó á cualquier otra bella estrella, se podria continuar siguiendo este astro sobre la bóveda celeste *despues* de la salida del Sol. Nadie an-

tes que él habia visto las estrellas á la faz del Sol. Mas tarde fueron colocados grandes anteojos meridianos segun las ideas de Rœmer. A partir de este momento (1691), multiplicáronse las observaciones hechas en pleno dia, y adquirieron una gran importancia; aun hoy tienen un valor real para la medida de las estrellas dobles. Struve midió en Dorpat los mas difíciles pares con un simple aumento de 320 veces, cuando la luz crepuscular era todavía muy fuerte á media noche para poder leer con facilidad (25). La estrella polar va acompañada á 16″ de distancia de una estrella de 9.ª magnitud; Struve y Wrangel vieron esta pequeña estrella en pleno dia, merced al anteojo de Dorpat (26); Encke y Argelander tuvieron por su parte el mismo resultado.

Háse discutido mucho acerca de las causas de la fuerza que dan á la vista los telescopios aun en pleno dia, cuando la luz difusa, resultado de múltiples reflexiones, deberia oponerle tantos obstáculos. (27). Este problema de óptica escitaba en el mas alto grado el interés de Bessel, cuya prematura pérdida lloran aun las ciencias. En su correspondencia conmigo me hablaba con frecuencia de él, pero acabó por confesar que no habia podido encontrar solucion satisfactoria. Cuento con que mis lectores sabrán agradecerme la insercion en las notas de este libro, de las ideas de Arago respecto de este asunto (28). Están tomadas de una coleccion de manuscritos de los cuales pude disponer durante mis frecuentes viajes á París. Segun la ingeniosa esplicacion de mi amigo, si los fuertes aumentos favorecen la vision de las estrellas en pleno dia, se debe á que el anteojo concentra hácia la vista é introduce en la pupila del ojo una cantidad mayor de rayos luminosos sin agrandar notablemente la imágen de la estrella; mientras que el mismo aparato óptico obra de un modo completamente distinto sobre el fondo del cielo donde la estrella se proyecta.

Con efecto, la luz de la parte de la atmósfera cuya imágen indefinida ocupa el campo de la vision, emana de partículas de aire iluminadas, separadas unas de otras á causa del aumento; el campo debe, pues, aparecer tanto menos iluminado, cuanto mas fuerte sea dicho aumento. Luego no se apercibe la estrella sino en virtud de una diferencia de intensidad entre la luz de su imágen y la del campo mismo sobre el que esta imágen llega á dibujarse. En los discos planetarios sucede lo contrario precisamente; pues pierden, de su brillo por el aumento de los anteojos, exactamente en la misma relacion que el aérea comprendida en el campo de la vision. Es preciso notar aquí únicamente que la amplificacion de la imágen se estiende á la velocidad de su movimiento aparente. Este efecto que tiene lugar para los planetas como para las estrellas, puede contribuir á la visibilidad en pleno dia, á menos que el telescopio no siga el movimiento diurno, como sucede en las máquinas paralácticas movidas por relojes. En virtud del cambio contínuo de la imágen, la sensacion se produce sucesivamente en puntos diferentes de la retina, y sabe, dice en otra parte Arago, que objetos muy pequeños pueden llegar á ser perceptibles cuando se les imprime movimiento.

Bajo el cielo tan puro de las regiones tropicales, logré con mucha frecuencia ver el pálido y débil disco de Júpiter, con un anteojo de Dollond de una fuerza de aumento de 95 veces, cuando ya el Sol habia llegado á 15 ó 18° de altura. Mas de una vez manifestó su sorpresa el doctor Galle al observar la estremada debilidad de Júpiter y de Saturno vistos en pleno dia por medio del gran refractor de Berlin; esta debilidad forma un sorprendente contraste con el intenso brillo de Venus y de Mercurio. Sin embargo, llegáronse á observar en pleno dia los eclipses de Júpiter por la Luna, y se citan las observaciones de Flaugergues en 1792 y la de Struve en 1820. Argelander vió perfectamente en

Bonn, un cuarto de hora despues de la salida del Sol, tres satélites de Júpiter, con un anteojo de 1 ^{m}, 6 de Frauenhofer, mas no pudo en modo alguno distinguir el cuarto; Schmidt, su compañero, observó á una hora del dia mas avanzada la emersion de los satélites, incluso el cuarto, en el borde oscuro de la Luna, valiéndose de un eliómetro de 2 ^{m}, 5 de foco. Importaria mucho á la Óptica y á la Meteorologia determinar los límites de la visibilidad telescópica de las pequeñas estrellas durante el dia, bajo climas diferentes y á diferentes alturas sobre el nivel del mar.

El centelleo de las estrellas es uno de los fenómenos mas notables, y tambien de los mas controvertidos en la categoría donde colocamos los principales hechos de la vision natural y telescópica. Es preciso distinguir en él, segun las investigaciones de Arago, dos puntos esenciales (29): 1.° los cambios bruscos de brillo, es decir, el hecho de la estincion súbita seguida de la reaparicion; 2.° las variaciones de color. Esas dos especies de cambios son mas reales de lo que á simple vista parecen, porque cuando por la impresion luminosa producida se rompen los puntos de la retina una vez, la sensacion no se borra tan pronto, sino que persiste durante cierto tiempo. Resulta de aquí que la tenuidad pasajera de la estrella, sus rápidos cambios de color, en una palabra, las diferentes fases del centelleo, no se sienten integralmente, ó cuando menos, no se perciben tan distintamente como en realidad se producen.

Para comprender mejor las fases del centelleo por medio de un anteojo, es necesario imprimir al instrumento un movimiento de rotacion, pues entonces la imágen de la estrella dibuja un círculo luminoso coloreado con interrupciones aquí y allá. Represéntese la atmósfera como formada de capas superpuestas en las que la densidad, humedad y temperatura varíen contínuamente, y se llegará al conocimiento, por la teoría de las interferencias, de todos los detalles de

esas apariencias en donde los fenómenos de coloracion, de súbita estincion y de brillante reaparicion, se suceden con tanta vivacidad. Esta teoría se funda en un hecho general, á saber: que dos rayos ó dos sistemas de ondas procedentes de un mismo orígen, es decir, de un mismo centro de quebrantamiento, pueden destruirse ó sumarse mútuamente si los caminos recorridos son desiguales. Cuando uno de esos sistemas de ondas difiere del otro en un número impar de semi-ondulaciones, las acciones producidas por cada uno de ellos sobre un mismo átomo de éter son iguales y de sentido contrario; las velocidades que se les han impreso se destruyen, el átomo queda en reposo, y hay neutralizacion de luz ó produccion de oscuridad. En el caso de que se trata, las variaciones de la refrangibilidad de las capas de aire sucesivas producen con frecuencia mas efecto, para determinar los fenómenos de centelleo, que la diferencia de caminos recorridos por los diferentes rayos emanados de una misma estrella (30).

El centelleo presenta por otra parte grandes diferencias de intensidad de una á otra estrella. Esas diferencias dependen no solo de la altura ó del brillo de las estrellas, sino que tambien á lo que parece de la naturaleza misma de su luz. Vega, por ejemplo, centellea menos que Procion y Arturo. Si los planetas no centellean debe atribuirse á la magnitud sensible de su disco aparente, y á la compensacion producida por la mezcla de los rayos coloreados emitidos de cada punto de ese disco. Puédese, con efecto, considerar ese disco como la agregacion de cierto número de estrellas donde la luz de algunos rayos destruida por la interferencia de ciertos otros, está compensada por la de los puntos próximos, y donde las imágenes de colores distintos afectan el blanco al superponerse. Nótanse apenas raras señales de centelleo en Júpiter y en Saturno. Este fenómeno es mas sensible para Mercurio y Venus, cuyo diá-

metro aparente puede reducirse á 4″, 4 y 9″, 5. Lo mismo sucede para Marte, porque su diámetro aparente se reduce casi á 3″, 3 hácia la época de la conjuncion. En las noches puras y frias de los climas templados, el centelleo contribuye á la magnificencia del estrellado cielo. Como aumenta por instantes la luz de las numerosas estrellas de sesta á séptima magnitud, que no se distinguen fácilmente sino con anteojos, las vemos aparecer por momentos, ya en una parte, ya en otra, y de este modo somos inducidos á exagerar el número de estrellas. De aquí, la especie de sorpresa con que se acogen en general las enumeraciones, exactas sin embargo, en las cuales apenas si se cuentan algunos millares de estrellas perceptibles á simple vista.

Los antiguos distinguian ya los planetas por su débil centelleo. En cuanto á la causa de la diferencia que existe bajo este punto de vista entre las estrellas y los planetas, tenia Aristóteles una teoría singular (31) que esplicaba por un sistema de emision de los rayos visuales que iban á tocar á lo lejos á los objetos con mas ó menos fuerza. «Los astros *fijos*, decia, centellean y los planetas no, porque los planetas están próximos y la vista los alcanza fácilmente, mientras que los astros móviles (πρὸς δὲ τοὺς μένοντας) están muy distantes; á causa de esta gran distancia la vista se ve obligada á hacer un gran esfuerzo, y su rayo visual llega á ser vacilante.»

Entre 1572 y 1604, en la época de Galileo, época de grandes acontecimientos astronómicos, aparecieron tres nuevas estrellas en el cielo (32). Escedieron en brillo á las estrellas de primera magnitud, y una de ellas brilló hasta veintiun años en la constelacion del Cisne. Su centelleo fué el rasgo característico que mas llamó la atencion de Keplero, que en él veia una prueba de que esos nuevos astros no podian ser de naturaleza planetaria. Pero la Óptica era por entonces muy imperfecta para que este gran genio,

al cual tanto le debe, pudiera esplicar ese fenómeno de otra manera que por la interposicion de los vapores en movimiento (33). Tambien los chinos han esplicado el fuerte centelleo de las nuevas estrellas, del cual se hace mencion en la gran coleccion de Ma-tuan-lin.

La falta de centelleo en las regiones tropicales, por lo menos á 12 ó 15° sobre el horizonte, consiste en una mezcla mas igual, mas homogénea, del vapor de agua con la atmósfera, que da á la bóveda celeste un carácter particular de calma y de dulzura. He hecho resaltar este hecho en mis descripciones sobre la naturaleza de los trópicos. Era muy notable, por otra parte, para haber pasado desapercibida á observadores tales como La Condamine, Bouguer y Garcin, ya en las llanuras del Perú, ya en Arabia, en las Indias, y en Bender-Abassi, en las costas del golfo Pérsico (34).

Este notable aspecto del cielo estrellado en las noches tan puras y tan tranquilas de los trópicos, tenia para mí un atractivo singular; por lo que me he esforzado siempre en estudiar sus causas físicas, anotando en mi diario la altura á que las estrellas dejaban de centellear y la higrometricidad correspondiente de la atmósfera. Cumana y la parte peruana del litoral del Océano Pacífico en que nunca llueve, se prestaban á este género de investigaciones, en tanto que la época de la niebla, conocida bajo el nombre de *garua*, no habia llegado. Por término medio, segun mis observaciones, las estrellas mas brillantes dejan de centellear hácia los 10 ó 12° de altura. Mas elevadas sobre el horizonte emiten solo una dulce luz planetaria. Para comprender bien este efecto, es preferible seguir la misma estrella desde su orto hasta su ocaso á través de todas sus variaciones de altura; determinando estas alturas por medidas directas, ó por el cálculo conociendo la hora y la latitud. En ciertas noches aisladas, tan tranquilas y tan puras como las otras, he visto la region en que centellean las estrellas esceder notablemente

del límite medio y estenderse hasta 20 y aun 25° de altura; pero nunca he podido establecer relaciones entre estas anomalías y el estado termométrico ó higrométrico de las capas inferiores de la atmósfera, únicas accesibles á nuestros instrumentos. Algunas veces tambien y durante muchas noches sucesivas en que el higrómetro marcaba al principio 85°, el centelleo empezaba por ser muy sensible para estrellas situadas á 60 y 70° de altura; despues cesaba completamente en las regiones elevadas hasta un límite de 25° sobre el horizonte, y sin embargo, la sola modificacion apreciable que sobrevino en la atmósfera fué un aumento de humedad; el higrómetro de cabello de Sausure habia subido de 85 á 93°. No es, pues, la cantidad de vapores disueltos en la atmósfera, es su desigual reparto en las capas superpuestas, son las corrientes de aire caliente y de aire frio que reinan en las altas regiones, sin dejarse sentir en las bajas, lo que modifica el juego complicado de las interferencias y del cual nace el fenómeno en cuestion. He visto tambien ciertas nubes que teñian el Cielo de un color rojizo poco tiempo antes de la sacudida de los temblores de tierra, aumentar de una manera notable el centelleo de las estrellas elevadas. Estas observaciones se refieren todas á una zona tropical, que se estiende á 10 ó 12° de un lado y otro del ecuador, y en la estacion sin lluvia y sin nubes en que el Cielo tiene una pureza tan perfecta en estas regiones. Cuando llega la estacion de las lluvias, al paso del Sol por el zénit del lugar, causas poderosas, obrando de un modo muy general y casi á la manera de perturbaciones violentas, modifican los fenómenos ópticos de que acabo de hablar. Los alíseos del nord-este caen de repente; la corriente regular de las altas regiones quo va del ecuador al polo, y la corriente inferior que viene del polo al ecuador, se interrumpen y dan lugar porque cesan á una formacion contínua de nubes. Lluvias torrenciales y tormentas se suceden

entonces periódicamente cada dia á una hora determinada. Todos esos fenómenos de la estacion de las lluvias vienen precedidos con algunos dias de anticipacion del centelleo de las estrellas elevadas, allí donde ordinariamente es muy raro este fenómeno. Este indicio va acompañado de relámpagos que brillan en el horizonte, sin que se divisen nubes en el cielo, ó cuando mas aparezcan algunas en forma de largas y estrechas columnas, ascendentes en sentido vertical. En mis escritos he tratado de pintar muchas veces esos signos precursores que dan al cielo de los trópicos una fisonomía tan característica (35).

La velocidad de la luz, ó cuando menos la idea de que la luz debe emplear un cierto tiempo en propagarse, está indicada por vez primera en el libro segundo del *Novum organum*. Despues de haber insistido sobre la inmensidad de los espacios celestes que atraviesa la luz para llegar hasta nosotros, Bacon de Verulamio suscita el problema de si existen en realidad todas las estrellas que vemos brillar al mismo tiempo (36). Causa verdadero asombro encontrar semejante nocion en una obra muy inferior á los conocimientos de su época en Astronomía y en Física. La velocidad de la luz *reflejada* por el Sol fué medida por Rœmer hácia 1675. Rœmer llegó á su descubrimiento comparando las épocas de los eclipses de los satélites de Júpiter. La velocidad de la luz *directa* de las estrellas fué medida en 1727 por Bradley, que dió al mismo tiempo la razon de la aberracion y la prueba material del movimiento de traslacion de la Tierra, es decir, del verdadero sistema de Copérnico. En los últimos tiempos Arago ha propuesto establecer una tercera clase de medida acerca de los cambios de brillo de una estrella variable, tal como Algol en la constelacion de Perseo (37). A estos métodos puramente astronómicos es preciso añadir una medida terrestre, ejecutada recientemente con éxito cerca de París por Fizeau.

Este ingenioso procedimiento trae á la memoria una antigua tentativa de Galileo, que procuró en vano determinar la velocidad de la luz por la combinacion de señales dadas por medio de dos linternas separadas.

Discutiendo las primeras observaciones de Rœmer sobre los satélites de Júpiter, Horrebow y Duhamel hallaron que el tiempo que la luz emplea en recorrer la distancia media del Sol á la Tierra es $14^m\ 7^s$. Cassini lo eleva á $14^m\ 10^s$, y Newton lo valúa en $7^m\ 30^s$, cálculo muy aproximado á la verdad (38). Delambre solo utilizó en los suyos las observaciones del primer satélite, y encontró $8^m\ 13^s$, 2 (39). Encke ha hecho observar con razon lo importante que seria emprender con el mismo objeto una nueva série de observaciones sobre los eclipses de los satélites de Júpiter, hoy que la perfeccion de los anteojos hace concebir la esperanza de obtener por este medio resultados muy satisfactorios.

Las observaciones originales que Bradley instituyera para determinar la constante de la aberracion, indicadas tambien por Rigaud en Oxford, fueron sometidas á un nuevo cálculo por el doctor Busch de Kœnigsberg, y ha deducido de ellas 20″,2116 como valor de esta constante (40). Por consiguiente, la luz emplearia $8^m\ 12^s$, 14 en llegar del Sol á la Tierra, y su velocidad seria de 31,161 miriámetros por segundo. Pero segun una nueva série de observaciones emprendidas por Struve con el gran instrumento de los pasajes, en el primer vertical de Poulkova, y continuadas durante diez y ocho meses, el primero de esos números debe haber sufrido un aumento considerable (41). Este gran trabajo ha dado 20″4451 para la constante de la aberracion, de donde se deducen $8^m\ 17^s$, 78 para el tiempo empleado por la luz en recorrer la distancia del Sol á la Tierra, y 41,549 millas geográficas (30,831 miriámetros) por segundo para su velocidad. Esas dos úl-

timas cifras se han deducido de la constante de Struve, adoptando el paralaje del Sol dado por Encke en 1835, y las dimensiones del esferóide terrestre calculadas por Bessel (*Efemérides de Berlin* para 1852, Encke). El error probable de este valor de la velocidad apenas si llega á miriámetro y medio. Hay una diferencia de $^1/_{110}$ entre la constante de Struve y la de Delambre (8^m 13^s, 2) adoptada por Bessel en las *Tabulæ Regio montanæ*, y de la que se vale tambien en las *Efemérides de Berlin*. En último término, no me parece que la discusion acerca de este punto debe considerarse como agotada. Habíase sospechado há ya muchos años una diferencia de velocidad de $^1/_{134}$ próximamente, entre la luz de la estrella polar y la de una pequeña estrella que la acompaña, pero esta opinion se ha considerado como estremadamente dudosa. Un físico distinguido por su sabiduría y por la gran delicadeza de sus investigaciones esperimentales, Fizeau, verificó una medida de la velocidad de la luz sobre una base terrestre de 8,633 metros únicamente, desde Suresne al cerrillo de Montmartre. Tal es en efecto la distancia á que habia establecido un espejo para enviar de nuevo á su punto de partida, merced á ingeniosos aparatos, los rayos emitidos por un punto luminoso en una de las estaciones. Esta luz se producia por una especie de lámpara de oxígeno y de hidrógeno. Una rueda de 720 dientes que daba un número bastante pequeño de vueltas por segundo (12 vueltas $^6/_{10}$) interceptaba el rayo á su regreso, ó le daba paso, segun la velocidad de la rueda; evaluábase esta velocidad por medio de un contador. Se ha creido poder deducir de esos esperimentos que la luz artificial de que se servia el autor recorria 17,266 metros, es decir, el doble de la distancia de las dos estaciones, en $^1/_{18000}$ de segundo, lo que da 31,079 miriámetros por segundo (42). La determinacion anterior que se aproxima mas á este resultado, es la que Delambre ha deducido

de los eclipses de uno de los satélites de Júpiter (31,094 miriámetros).

Observaciones directas y consideraciones ingeniosas acerca de la ausencia de toda coloracion durante los cambios de brillo de las estrellas variables, llevaron á Arago á deducir que si los rayos diversamente coloreados ejecutan, segun la teoría de las ondulaciones, vibraciones trasversales muy diferentes en velocidad y amplitud, se propagan, sin embargo, con velocidades iguales en los espacios celestes. Así, la velocidad de propagacion de los rayos coloreados en el interior de diferentes cuerpos es independiente de la refraccion que esperimentan en él (43). Las observaciones de Arago han demostrado, en efecto, que la refraccion de la luz estelar, en un mismo prisma, no está afectada por las combinaciones variadas de esta velocidad, con la velocidad propia de la Tierra. Todas las medidas dieron constantemente por resultado, el de que la luz de las estrellas hácia las cuales se dirige la Tierra, y la de las estrellas de las que la Tierra se aleja, se refractan exactamente en la misma cantidad. Hablando en la hipótesis de la emision, el célebre observador decia que los cuerpos emiten rayos de todas las velocidades, y que los únicos rayos de velocidad determinada producen en la vista la sensacion de la luz (44).

Interesa mucho comparar la velocidad de los rayos emitidos por el Sol, las estrellas ó los cuerpos terrestres, rayos desviados tambien por el ángulo refringente de un prisma cualquiera, con la de la luz que engendra la electricidad por el frote. Las admirables investigaciones de Wheatstone llevarian á atribuir á esta luz una velocidad mayor, en la relacion de 3 á 2 por lo menos. Si se mira solo, respecto de este punto, á la mas débil evaluacion suministrada por el aparato óptico de espejo giratorio de Wheatstone, la luz eléctrica recorreria aun 288,000 millas inglesas

por segundo, es decir, mas de 46,300 miriámetros, contando el *statut-mile* (69,12 por grado) para 1.609 metros (45). Admitamos con Struve que la velocidad de la luz estelar es de 30,831 miriámetros y esta velocidad seria aventajada en 15,500 miriámetros por la de la luz eléctrica.

Semejante resultado contradice en apariencia una opinion ya citada de G. Herschell, segun la cual, la luz del Sol y de las estrellas provendria quizás de acciones electro-magnéticas, y seria, por lo tanto, asimilable á una perpétua aurora boreal. Digo *en apariencia*, porque esos fenómenos electro-magnéticos podrian ser, sin duda alguna, de naturaleza muy compleja y muy variada en los diferentes cuerpos celestes, y la luz producida poseer velocidades muy diferentes. Es preciso decirlo, por otra parte, los resultados de Wheatstone ofrecen aun una incertidumbre que da motivo para esas congeturas. Su mismo autor los considera «como muy poco fundados, y como teniendo gran necesidad de una nueva confirmacion» para poder ser comparados útilmente con los de la aberracion ó de los eclipses de los satélites de Júpiter.

Las investigaciones hechas recientemente en los Estados-Unidos por Walker, acerca de la velocidad de la electricidad, han escitado poderosamente la atencion de los físicos. Tratábase de determinar, por medio del telégrafo eléctrico, las diferencias de longitud entre Washington, Filadelfia, Nueva-York y Cambridge. A este efecto púsose en comunicacion el reló astronómico del observatorio de Filadelfia, con un aparato de Morse, en el que las oscilaciones del péndulo marcaban una série de puntos equidistantes en una cinta de papel indefinida. El telégrafo eléctrico trasmitia casi instantáneamente cada indicacion del reló á las demas estaciones y puntuaba en él tambien el tiempo de Filadelfia, sobre otras cintas de papel que en un movi-

miento regular desarrollaba contínuamente. En esta combinacion podian intercalarse las señales que se quisieran, entre las del péndulo. Bastaba al observador apretar el dedo sobre un boton para marcar el instante del paso de una estrella por el meridiano de su estension. Segun Steinhel, «este método americano posee una ventaja esencial, la de hacer la determinacion del tiempo independiente de la relacion de dos de nuestros sentidos, el oido y la vista, porque mientras que el péndulo inscribe por sí mismo su marcha sin que el observador tenga necesidad de preocuparse de ella, este comprende y señala el paso de la estrella (con la precision de $^1/_{70}$ de segundo, segun Walker).» Por último, comparando los resultados obtenidos en Filadelfia y en Cambridge, por ejemplo, se encuentra una diferencia constante, y esta diferencia se debe al tiempo empleado por la corriente eléctrica para recorrer dos veces el conductor cerrado que une las dos estaciones.

Esas medidas hechas sobre hilos conductores de 1050 millas inglesas (1689 kilómetros), suministraron 18 ecuaciones de condicion entre las incógnitas del problema, y de ellas se dedujeron 18,700 millas (30,094 kilómetros) para la velocidad de propagacion de la corriente hidrogalvánica (46), es decir, una velocidad quince veces menor que la de la electricidad en los esperimentos de Wheatstone. Como esas notables investigaciones fueron instituidas con un solo hilo, si la mitad del conductor se reemplaza, como se ha dicho, por la Tierra, podria creerse que la Naturaleza y dimensiones del medio recorrido influyen á la vez sobre la velocidad con que se propaga la electricidad (47). En el circuito voltáico, se calientan los conductores, tanto mas, cuanto menor es su conductibilidad, y es sabido por los últimos trabajos de Riess, que las tensiones eléctricas presentan fenómenos variados y complejos (48). Las miras que se tienen en la actualidad acerca de lo que

se llama ordinariamente «cerrar el circuito por la Tierra,» se oponen á toda idea de propagacion líneal de molécula á molécula entre las estremidades de los hilos conductores; lo que se miraba antes como una corriente realmente formada á través del suelo, se ha sustituido hoy por la hipótesis de una restitucion contínua de la tension eléctrica.

Aunque la velocidad de la luz parece ser la misma para todas las estrellas, por lo menos en el límite de precision con el cual han podido dar las observaciones modernas la constante de la aberracion, se ha tratado de examinar, no obstante, si no podrian existir cuerpos celestes cuya luz no llegase nunca hasta nosotros retenida por la atraccion de una masa enorme y obligada á volver de nuevo hácia el cuerpo de donde hubiese sido lanzada. La teoría de la emision ha dado una forma científica á ese producto de la imaginacion (49). Hablo aquí de él, sin embargo, porque tendré en adelante ocasion de volver á una hipótesis análoga, al tratar de los movimientos propios de Sirio y de Procion cuyas anomalías se han atribuido á la accion de ciertos cuerpos oscuros. Entra en el plan de esta obra señalar todo lo que ha contribuido en nuestros dias á dar un cierto impulso á la ciencia, pues solamente en este sentido podrá presentar este libro un cuadro fiel del carácter de la época en que ha aparecido.

Mas de dos mil años hace que empezaron las investigaciones *fotométricas* sobre la luz de los astros que la tienen propia en el Universo, para llegar á determinar ó estimar por lo menos sus intensidades relativas. Y es que la descripcion del cielo estrellado no se reduce solo á fijar con estremada precision las mútuas distancias de los astros ó á coordinar sus posiciones con relacion á los grandes círculos de la esfera celeste; comprende tambien el conocimiento y la medida de su brillo individual. Ese último carácter es tambien el que ha preocupado desde un

principio á los hombres. Mucho tiempo antes de pensar en agrupar las estrellas en constelaciones, dieron á las mas brillantes nombres propios. Yo mismo he podido comprobar esta tendencia primitiva entre las tribus salvajes que habitan los frondosos bosques del alto Orinoco y del Atabapo. Montes de impenetrable maleza me obligaban de ordinario á observar las mas altas estrellas para determinar la latitud y cuando consultaba á los naturales del país y principalmente á los ancianos, sobre las hermosas estrellas Canopea, Achernar, los piés del Centauro ó la α de la Cruz del Sud, me decian enseguida los nombres consagrados entre ellos. Si el catálogo de constelaciones conocido bajo el nombre de *Catasterismos* de Eratóstenes gozaba la antigüedad que le atribuyeron por tanto tiempo los que fijaban su época entre Autolico y Timocharis, ciento cincuenta años antes que Hiparco, una particularidad de este católogo nos permitiria asignar un límite para el tiempo en que las estrellas no estaban todavía colocadas entre los Griegos por órden de magnitud ó de brillo. Cuando se trata, con efecto, de enumerar las estrellas que constituyen cada constelacion, los Catasterismos citan con mucha frecuencia el nombre de las estrellas mas brillantes ó mas *grandes*, y el de las estrellas *oscuras* menos fáciles de reconocer (50); nunca comparan entre sí las estrellas pertenecientes á grupos distintos. Pero Bernhardy, Baehr y Letronne colocan los Catasterismos mas de dos siglos despues del catálogo de Hiparco. Este no es mas, por otra parte, que una compilacion sin mérito, un simple estracto del *Poeticum astronomicum* atribuido á Julio Hyginus, ó tambien del poema de Eratóstenes el antiguo, titulado Ερμῆς. Sucede todo lo contrario con el catálogo de Hiparco que poseemos bajo la forma que se le ha dado en el Almagestas. Este catálogo contiene la primera determinacion de los órdenes de magnitud ó de brillo de 1022 estrellas; es decir, de la quinta parte próxi-

mamente de las estrellas perceptibles á simple vista sobre el cielo entero, desde la 1.ª hasta la 6.ª magnitud. Unicamente ignoramos si esas magnitudes han sido determinadas por el mismo Hiparco, ó si han sido tomadas de las observaciones de Timocharis y de Aristilo, de las que Hiparco ha usado con tanta frecuencia.

Esta obra constituye la base de todos los trabajos posteriores de los Arabes y de los astrónomos de la edad media. Hállase tambien en ella el orígen de una costumbre que se ha prolongado hasta el siglo XIX, la de limitar á 15 el número de las estrellas de 1.ª magnitud. Mœdler cuenta 18; Rümker que ha sometido el cielo austral á una cuidadosa revision cuenta 20. El número antiguo está fundado únicamente en la clasificacion que se encuentra en el Almagestas al fin del catálogo estelar del libro 8.º Ptolomeo aplicaba el epíteto de *oscuras* á las estrella inferiores á la 6.ª magnitud. Cosa singular, cita solo 49 estrellas de 6.ª magnitud escogidas de una manera casi uniforme en los dos hemisferios; ahora bien, como su catálogo comprende casi la quinta parte de las estrellas perceptibles á simple vista, hubiera debido dar, observada la proporcion mas rigorosa, 640 estrellas de esta magnitud, segun la enumeracion que de ellas ha hecho Argelander. En cuanto á las *nebulosas* (νεφελοειδεις) de Tolomeo y de los Catasterismos del pseudo-Eratóstenes, son para la mayor parte pequeños grupos de estrellas que se distinguen fácilmente bajo el puro cielo de las regiones meridionales (51); esto es por lo menos lo que me induce á pensar la indicacion relativa á una nebulosa situada á la derecha de Perseo. Galileo mismo que ignoraba, como los astrónomos griegos y árabes, la existencia de la nebulosa de Andrómeda aunque esta nebulosa se distinga á simple vista, ha dicho en su *Nuncius sidereus* que las *stellæ nebulosæ* son simples grupos de estrellas, los cuales «sicut aerolæ sparsim per æthera

fulgent» (52). Aunque la espresion de *magnitudes* de diferentes órdenes (τῶν μεγαλων τᾶξις) haya sido restringida en su orígen al sentido de gradacion de brillo ó de intensidad luminosa, dió lugar, sin embargo, desde el siglo IX, á hipótesis sobre los diametros que debian tener las estrellas de brillo diferente (53); como si este brillo no dependiese á la vez de la distancia, del volúmen, de la masa, y ante todo de las propiedades físicas, especiales, de la materia de que está formada la superficie de los astros.

La ciencia adelantó un paso hácia el siglo XV, en la época de la dominacion de los Mogoles, cuando la astronomía florecia en Samarcanda bajo Ulugh-Beg. Cada órden de magnitud de la antigua clasificacion de Hiparco y de Tolomeo, fue subdividido; distinguiéronse así las estrellas pequeñas, medias y grandes, casi como Struve y Argelander dividieron despues en diez los mismos intervalos (54). Las Tablas de Ulugh-Beg atribuyen ese progreso de fotometría á Abderrahman Sufi, al cual se debe una obra sobre «el conocimiento de las fijas,» así como la primera noticia de una de las Nubes de Magallanes, bajo el nombre de *Buey blanco*. Desde la introduccion universal de los anteojos en el dominio de la Astronomía, la evaluacion de las magnitudes ha debido ir mucho mas allá del 6.º órden. Las investigaciones fotométricas tenian por poderoso estímulo el fenómeno de las estrellas nuevas que aparecieron súbitamente en el Cisne y en el Serpentario, y de las cuales la primera ha brillado 21 años. Preciso fué, con efecto, para determinar las fases del crecimiento y disminucion de su luz, comparar continuamente esas estrellas nuevas con otras estrellas conocidas. Entonces las *nebulosas* de Tolomeo pudieron ser clasificadas en la escala númerica de las magnitudes, como inferiores á la 6.ª, y poco á poco llegaron los astrónomos á prolongar esta escala mas allá de la 16.ª magnitud, con el

fin de representar gradaciones sucesivas que son todavía apreciables, segun Juan Herschell, para los astrónomos provistos de poderosos instrumentos (55). Sin embargo, podemos decir que en este límite estremo la evaluacion llega á ser muy incierta; Struve asigna alguna vez el 12.° ó 13.° lugar á estrellas que J. Herschell coloca en el 18.° ó 20.° órden de magnitud.

No entra en mi plan discutir aquí los medios muy varios que se han imaginado durante siglo y medio, desde Auzout y Huyghens hasta Bouguer y Lambert, desde G. Herschell, Rumford y Wollaston hasta Steinhel y J. Herschell, para medir la intensidad de la luz. Bastante haremos con señalar rápidamente esos diferentes métodos. Recurrióse á la comparacion de las sombras de las luces artificiales, haciendo variar el número y la distancia de esas luces. Mas tarde empleáronse diafragmas, planos de cristal de espesor y de colores variables; despues estrellas artificiales formadas por reflexion sobre esferas de cristal. Tratóse de aproximar dos telescopios lo bastante para que la vista pudiera pasar del uno al otro, durante el corto intervalo de un segundo. Se compusieron aparatos en los cuales podian verse simultáneamente por reflexion las dos estrellas que se trataba de comparar, teniendo cuidado de rectificar el anteojo de tal suerte que una misma estrella diese en él dos imágenes de igual intensidad (56). Construyéronse otros aparatos en los que un objetivo provisto de un espejo podia ser transformado mas ó menos por diafragmas giratorios cuya rotacion estaba medida sobre un círculo dividido. Hánse formado imágenes esteliformes de intensidad variable, concentrando los rayos de la Luna ó de Júpiter, merced al astrómetro, instrumento compuesto de un prisma reflector y de una lente (57). Por último se ha recurrido á objetivos divididos cuyas dos mitades recibian por prismas la luz de las estrellas. El éxito no respon-

dió á tantos esfuerzos; el distinguido astrónomo que mas se ha ocupado de investigaciones de este género, y cuya juiciosa actividad ha podido ejercerse en los dos hemisferios, Juan Herschell mismo, confiesa que despues de tantos trabajos queda como desideratum de la Astronomía un método práctico y exacto para las medidas fotométricas. En su concepto, la medida de la intensidad de la luz está todavía en la infancia; y sin embargo, la atencion de los astrónomos se fija mas que nunca hácia este lado, estimulada como está por el problema de las estrellas cambiantes, y por un fenómeno celeste que se ha presentado en nuestros dias; cual es el aumento estraordinario de brillo que recibió en 1837 una estrella de la Nave Argos.

Es esencial distinguir cuidadosamente dos géneros bien distintos de clasificacion, respecto de las magnitudes estelares. Redúcese el uno á cierta distribucion de estrellas colocadas segun su brillo decreciente: el *Manual científico para los Navegantes* de Juan Herschell, sirva de ejemplo. El otro está fundado en la evaluacion numérica de las relaciones de magnitudes, ó tambien sobre números que espresan el brillo absoluto, la cantidad de luz emitida (58). De esos dos últimos modos, el primero que limita sus pretensiones á reproducir en números evaluaciones hechas á simple vista, merece probablemente la preferencia cuando sus evaluaciones han sido instituidas con un cuidado conveniente (59). En el estado de imperfeccion en que se encuentra la fotometría, no trata todavía, en efecto, mas que de obtener un primer grado de aproximacion. Pero es preciso reconocer, que en la evaluacion hecha á simple vista es donde mas se manifiesta la influencia de la individualidad propia de cada observador. A esta primera dificultad es preciso añadir las que nacen de la pureza tan variable de la atmósfera, y de la desigual altura de los astros, muy apartados unos de otros, entre los que no es posible la compara-

cion sino con el auxilio de numerosos intermedios; debe llevarse cuenta sobre todo de los errores que puede ocasionar la diferencia de colores. Estando la luz igualmente teñida y con el mismo grado de blancura, encuéntranse nuevos obstáculos en la vivacidad de su brillo. Por ejemplo, es mas difícil comparar Sirio y Canopea, α del Centauro y Achernar, Deneb y Vega, que estrellas mucho mas débiles, como las de 6.ª ó 7.ª magnitud. La dificultad se hace mayor todavía para las estrellas muy brillantes, cuando se trata de comparar estrellas amarillas, como Procion, la Cabra ó Ataïr, con estrellas rojas, como Aldébaran, Arturo y Beteigueuze (60).

Juan Herschell ha intentado, á imitacion de Wollaston, determinar la relacion que existe entre la intensidad de luz de una estrella y la del Sol. Ha tomado á la Luna por punto de comparacion intermedio, y ha relacionado su brillo con el de la estrella doble α del Centauro, una de las mas brillantes (la 3.ª) de todo el Cielo. De esta manera llegó á realizarse por segunda vez el deseo que Juan Michell formuló en 1787 (61). Por el término medio de 11 medidas, instituidas á favor de un aparato prismático, Juan Herschell halló que la Luna llena es 27,408 veces mas brillante que α del Centauro. Ahora bien: segun Wollaston, el Sol es 801,072 veces mas brillante que la Luna llena (62). Así, la luz que nos envia el Sol, está con la que recibimos de α del Centauro en la relacion de 22,000 millones á 1. Teniendo en cuenta la distancia, segun el paralaje adoptado para esta estrella, resulta de los datos precedentes que el brillo absoluto de la α del Centauro es doble que el del Sol (en la relacion de 23 á 10). Wollaston ha encontrado que la luz de Sirio es para nosotros 20,000 millones de veces mas débil que la del Sol; su brillo real, absoluto, seria, pues, 63 veces mayor que el del Sol, si como se cree el paralaje de Sirio debe reducirse á 0″ 230 (63). De esta

manera hemos llegado á colocar nuestro Sol entre las estrellas de un mediano brillo intrínseco. Juan Herschell estima que el brillo aparente de Sirio es casi igual al de 200 estrellas de 6.ª magnitud.

Puesto que en último resultado parece verosímil, por analogía cuando menos, que todos los astros son variables, no solo bajo la relacion de la posicion que ocupan en el espacio absoluto, sino tambien bajo la de su brillo intrínseco, cualquiera que sea por otra parte la duracion todavía desconocida de los períodos de esas variaciones; puesto que toda vida orgánica está además subordinada á la intensidad de la luz y del calor de nuestro Sol; deben mirarse los progresos de la fotometría como uno de los objetos mas sérios y mas importantes que pueda proponerse la ciencia. Compréndese cuánto interés concederán las razas futuras á las determinaciones numéricas que, acerca del estado actual del firmamento, pueden únicamente legarles nuevos perfeccionamientos de la fotometría. Así se hallará, por ejemplo, la esplicacion de numerosos fenómenos que están en íntima relacion con la historia termológica de nuestra atmósfera y con la antigua distribucion geográfica de las especies animales y vegetales. Consideraciones de igual naturaleza se habian presentado ya hace mas de medio siglo al talento de G. Herschell, ese gran investigador que, anticipándose al descubrimiento de las relaciones íntimas del magnetismo con la electricidad, se atrevia á asimilar la luz perpétuamente engendrada en la envoltura gaseosa del Sol, con la de las auroras boreales de nuestro globo terrestre (64).

Arago ha reconocido en el estado recíprocamente complementario de los anillos coloreados, vistos por trasmision y por reflexion, el medio que deja entrever la mayor esperanza de llegar á la medida directa de la cantidad de luz. He citado en una nota mia (65) con los mismos términos de

mi amigo la indicacion de su método fotométrico, y la del principio óptico sobre el cual ha fundado su cianómetro.

En razon de esas variaciones cósmicas de la luz estelar, nuestros mapas celestes y catálogos en donde se hallan cuidadosamente indicadas las diferentes magnitudes de las estrellas, no podrian constituir un cuadro homogéneo del estado del cielo. En realidad es preciso distinguir, en las diferentes partes de ese cuadro, las que corresponden á épocas muy diferentes. Háse creido largo tiempo que el órden de las letras empleadas para designar las estrellas, en el siglo XVII, podria proporcionar indicios seguros de esas variaciones de magnitud y de brillo. Pero discutiendo bajo este punto de vista la *Uranometría* de Bayer, Argelander ha demostrado que no era posible juzgar del brillo relativo de las estrellas en la época de Bayer, segun el lugar que ocupan sus letras en el alfabeto; porque el astrónomo de Augsburgo se dejó guiar en la eleccion de estas letras por la forma y direccion de las constelaciones, mas bien que por el brillo de las estrellas mismas (66).

SERIE FOTOMETRICA DE LAS ESTRELLAS.

Intercalo aquí un cuadro sacado de la reciente obra de Juan Herschell, *Outlines of Astronomy*, páginas 645 y 646. Mi sábio amigo el doctor Galle, se ha encargado de su arreglo y de redactar su esplicacion. Véase un estracto de la carta que me escribió refiriéndose á este asunto, en Marzo de 1850:

«Los números de la *escala fotométrica* contenida en los *Outlines of Astronomy* han sido formados por los de la *escala vulgar*, añadiendo uniformemente 0,41 á estos últimos. Las magnitudes indicadas por los números de esta segunda escala provienen de observaciones directas. El autor ha instituido séries de comparaciones *(sequences)* entre las diferentes estrellas, y combinado sus resultados con las *magnitudes* empleadas ordinariamente por los astrónomos. (*Viaje al Cabo*, pág. 304-352); bajo esta última relacion le ha servido de base el catálogo de la Sociedad astronómica de Lóndres, para el año de 1827 (pág. 305). Las medidas fotométricas, propiamente dichas, hechas sobre muchas estrellas por medio del *astrómetro*, no sirvieron directamente para construir esta tabla, sino únicamente para ver hasta qué punto puede representar la cantidad de ley realmente emitida por cada estrella, la escala ordinaria de las magnitudes (la 1.ª, la 2.ª, la 3.ª... magnitud). Procediendo así ha llegado el autor al resultado notable de que la série de nuestras magnitudes habituales (1.ª, 2.ª, 3.ª...), corresponde casi á las que tomaria una misma estrella de 1.ª magnitud, trasportada sucesivamente á las distancias 1, 2, 3... y se sabe que en este caso, la intensidad de la ley estaria representada por la série 1, $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$... (*Viaje al Cabo*, pág. 371, 372; *Outlines*, páginas 521, 522). Sin embargo, si se quiere perfeccionar esta notable concordancia de las dos séries, es preciso aumentar nuestras evaluaciones habituales, de $^1/_2$ magnitud próximamente, ó con mas exactitud de 0,41. En este sistema, una estrella estimada actualmente como de 2.ª magnitud resulta de la magnitud 2,41; otra de 2,5 magnitud llega á ser de 2,91, etc... Esta es la *escala fotométrica* que Juan Herschell propone que se sustituya á la escala actual de las magnitudes (*Viaje al Cabo*, página 372; *Outlines*, pág. 522), y seguramente que merece ser bien acogida esta proposicion. Con efecto, de una parte, la diferencia entre las dos escalas es apenas sensible (would hardly be felt, *Viaje al Cabo*, página 372); de otra, la tabla de las *Outlines* (pág. 645 y siguientes) puede ya servir de base hasta la 4.ª magnitud, de manera que es dable aplicar

desde hoy completamente á las estrellas la regla que hasta aquí se ha seguido instintivamente, y que consiste en que las intensidades que se refieren á la 1.ª, 2.ª, 3.ª, 4.ª... magnitud son proporcionales á los números 1, $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$. etc. Juan Herschell ha elegido la α del Centauro como estrella normal de primera magnitud para la escala fotométrica, y como unidad para la cantidad de luz. (*Outlines*, pág. 523; *Viaje al Cabo*, página 372). Segun esto, si se eleva al cuadrado el número que representa la magnitud fotométrica de una estrella, se obtiene la inversa de la relacion de la cantidad de luz comparada con la de α del Centauro. Por ejemplo: κ de Orion que tiene 3 de magnitud fotométrica, emite 9 veces menos luz que α del Centauro; y al mismo tiempo, ese número 3 indica que κ de Orion debe estar 3 veces mas apartada de nosotros que α del Centauro, si esas dos estrellas son astros de igual magnitud lineal y de igual brillo. Si se hubiese elegido otra estrella, Sirio por ejemplo, que es 4 veces mas brillante, como unidad de esta escala cuyos números indican á la par el brillo y la distancia, la regularidad de que acaba de hablarse no se presentaria con la misma sencillez. Por otra parte, la α del Centauro se distingue por dos particularidades: su distancia es conocida con un cierto grado de probabilidad, y esta distancia es la menor de todas las medidas hasta aquí.

»El autor de las *Outlines* enseña en esta obra, pág. 521, que la escala fotométrica, arreglada segun los cuadrados 1, $^1/_4$, $^1/_9$ $^1/_{16}$... es preferible á toda otra série, tal como las progresiones geométricas 1, $^1/_2$ $^1/_4$ $^1/_8$... ó 1, $^1/_3$, $^1/_9$ $^1/_{27}$... Durante vuestro viaje a América, adoptásteis una progresion aritmética para coordinar las observaciones que hicísteis bajo el ecuador; pero vuestras séries, como las precedentes, no se adaptan tan bien á la escala ordinaria de las magnitudes estelares (vulgar scale) como la progresion de los cuadrados adoptada por Herschell (Humboldt, *Coleccion de observaciones astron.*, t. I, p. LXXI, y *Astron. Nachrichten*, número 374). En la tabla siguiente las 190 estrellas de las *Outlines* están colocadas segun el órden de las magnitudes únicamente, y no segun sus declinaciones boreales ó australes.»

CATALOGO

de 100 estrellas, desde la 1.ª hasta la 3.ª magnitud, colocadas, segun las determinaciones de Juan Herschell, en el órden de sus magnitudes estimadas *fotométricamente*, y en el de sus magnitudes *ordinarias*, segun los datos mas exactos.

ESTRELLAS DE PRIMERA MAGNITUD.

NOMBRES DE LAS ESTRELLAS.	Magnitud ordinaria.	Magnitud fotométrica.	NOMBRES DE LAS ESTRELLAS.	Magnitud ordinaria.	Magnitud fotométrica.
Sirio.	0,08	0,49	α Orion.	1,0 :	1,4 :
η Argos (var.)	»	»	α Eridan.	1,09	1,50
Canopo.	0,29	0,70	Aldébaran.	1,1 :	1,5 :
α Centauro.	0,59	1,00	β Centauro.	1,17	1,58
Arturo.	0,77	1,18	α Cruz.	1,2	1,6
Rigel.	0,82	1,23	Antarés.	1,2	1,6
La Cabra.	1,0 :	1,4 :	α Aguila.	1,28	1,69
α Lira.	1,0 :	1,4 :	La Espiga.	1,38	1,79
Procion.	1,0 :	1,4 :			

ESTRELLAS DE SEGUNDA MAGNITUD.

NOMBRES DE LAS ESTRELLAS.	MAGNITUD ordinaria.	MAGNITUD fotométrica.	NOMBRES DE LAS ESTRELLAS.	MAGNITUD ordinaria.	MAGNITUD fotométrica.
Fomalhaut.	1,54	1,95	α Triángulo austral.	2,23	2,64
β Cruz.	1,57	1,98	ε Sagitario.	2,26	2,67
Polux.	1,6 :	2,0 :	β Tauro.	2,28	2,69
Régulo.	1,6 :	2,0 :	La Polar.	2,28	2,69
α Grulla.	1,66	2,07	θ Escorpion.	2,29	2,70
γ Cruz.	1,73	2,14	α Hidra.	2,30	2,71
ε Orion.	1,84	2,25	δ Perro.	2,32	2,73
ε Perro.	1,86	2,27	α Pavo real.	2,33	2,74
λ Escorpion.	1,87	2,28	γ Leo.	2,34	2,75
α Cisne.	1,90	2,31	β Grulla.	2,36	2,77
Castor.	1,94	2,35	α Aries.	2,40	2,81
ε Osa (var.).	1,95	2,36	σ Sagitario.	2,41	2,82
α Osa (var.).	1,96	2,37	δ Argos.	2,42	2,83
ζ Orion.	2,01	2,42	ζ Osa.	2,43	2,84
β Argos.	2,03	2,44	β Andrómeda.	2,45	2,86
α Perseo.	2,07	2,48	β Ballena.	2,46	2,87
γ Argos.	2,08	2,49	λ Argos.	2,46	2,87
ε Argos.	2,18	2,59	β Cochero.	2,48	2,89
η Osa (var.).	2,18	2,59	γ Andrómeda.	2,50	2,91
γ Orion.	2,18	2,59			

ESTRELLAS DE TERCERA MAGNITUD.

NOMBRES DE LAS ESTRELLAS.	MAGNITUD ordinaria.	MAGNITUD fotométrica.	NOMBRES. DE LAS ESTRELLAS.	MAGNITUD ordinaria.	MAGNITUD fotométrica.
γ Casiopea.	2,52	2,93	β Acuario.	2,85	3,26
α Andrómeda.	2,54	2,95	δ Escorpion.	2,86	3,27
θ Centauro.	2,54	2,95	ε Cisne.	2,88	3,29
α Casiopea.	2,57	2,98	η Ofiuco.	2,89	3,30
β Perro.	2,58	2,99	γ Cuervo.	2,90	3,31
κ Orion.	2,59	3,00	ι Cefea.	2,90	3,31
γ Géminis.	2,59	3,00	μ Centauro.	2,91	3,32
δ Orion.	2,61	3,02	α Serpiente.	2,92	3,33
Algol (var.).	2,62	3,03	δ Leo.	2,94	3,35
ε Pegaso.	2,62	3,03	κ Argos.	2,94	3,35
γ Dragon.	2,62	3,03	β Cuervo.	2,95	3,36
β Leo.	2,63	3,04	β Escorpion.	2,96	3,37
α Ofiuco.	2,63	3,04	ζ Centauro.	2,96	3,37
β Casiopea.	2,63	3,04	ζ Ofiuco.	2,97	3,38
γ Cisne.	2,63	3,04	α Acuario.	2,97	3,38
α Pegaso.	2,65	3.06	π Argos.	2,98	3,39
β Pegaso.	2,68	3,06	γ Aguila.	2,98	3,39
γ Centauro.	2,68	3,09	δ Casiopea.	2,99	3,40
α Corona.	2,69	3,10	δ Centauro.	2,99	3,40
γ Osa.	2,71	3,12	α Liebre.	3,00	3,41
ε Escorpion.	2,71	3,12	δ Ofiuco.	3,00	3,41
ζ Argos.	2,72	3,13	ξ Sagitario.	3,01	3,42
β Osa.	2,77	3,18	η Boyero.	3,01	3,42
α Fenix.	2,78	3,19	η Dragon.	3,02	3,43
ι Argos.	2,80	3,21	π Ofiuco.	3,05	3,46
ε Boyero.	2,80	3,21	ϐ Dragon.	3,06	3,47
α Lobo.	2,82	3,23	β Libra.	3,07	3,48
ε Centauro.	2,82	3,23	γ Virgo.	3,08	3,49
η Perro.	2,85	3,26	μ Argos.	3,08	3,49

ESTRELLAS DE TERCERA MAGNITUD *(Continuacion).*

NOMBRES DE LAS ESTRELLAS.	MAGNITUD ordinaria.	MAGNITUD fotométrica.	NOMBRES DE LAS ESTRELLAS.	MAGNITUD ordinaria.	MAGNITUD fotométrica.
β Aries.	3,09	3,50	β Capricornio.	3,32	3,73
γ Pegaso.	3,11	3,52	ρ Argos.	3,32	3,73
δ Sagitario.	3,11	3,52	ξ Aguila.	3,32	3,73
α Libra.	3,12	3,53	β Cisne,	3,33	3,74
λ Sagitario.	3,13	3,54	γ Perseo.	3,34	3,75
β Lobo.	3,14	3,55	μ Osa.	3,35	3,76
ε Virgo?	3,14	3,55	β Triángulo boreal.	3,35	3,76
α Paloma.	3,15	3,56	π Escorpion.	3,35	3,76
θ Cochero.	3,17	3,58	β Liebre.	3,35	3,76
β Hércules.	3,18	3,59	γ Lobo.	3,36	3,77
ι Centauro.	3,20	3,61	δ Perseo.	3.36	3,77
δ Capricornio.	3,20	3,61	ψ Osa.	3,36	3,77
δ Cuervo.	3,22	3,63	ε Cochero (var.).	3,37	3,78
α Perros de caza.	3,22	3,63	υ Escorpion.	3,37	3,78
β Ofiuco.	3,23	3,64	ι Orion.	3,37	3,78
δ Cisne.	3,24	3,65	γ Lince.	3,39	3,80
ε Perseo.	3,26	3,67	ζ Dragon.	3,40	3.81
η Tauro.	3,26	3,67	α Altar.	3,40	3,81
β Eridan.	3,26	3,67	π Sagitario.	3,40	3,81
θ Argos.	3,26	3,67	π Hércules.	3,41	3,82
β Hidra	3,27	3,68	β Perro pequeño?	3,41	3,82
ζ Perseo.	3,27	3,68	ξ Tauro.	3,42	3,83
ξ Hércules.	3,28	3,69	δ Dragon.	3,42	3,83
ε Cuervo.	3,28	3,69	μ Géminis.	3,42	3,83
ι Cochero.	3,29	3,70	γ Boyero.	3,43	3,84
γ Osa menor.	3,30	3,71	ε Géminis.	3,43	3,84
η Pegaso.	3,31	3,72	α Mosca.	3,43	3,84
β Altar.	3,31	3,72	α Hidra?	3,44	3,85
α Tucan.	3,32	3,73	τ Escorpion.	3,44	3,85

ESTRELLAS DE TERCERA MAGNITUD. (*Continuacion*).

NOMBRES DE LAS ESTRELLAS.	MAGNITUD ordinaria.	MAGNITUD fotométrica.	NOMBRES DE LAS ESTRELLAS.	MAGNITUD ordinaria.	MAGNITUD fotométrica.
δ Hércules.	3,44	3,85	η Coehero.	3,46	3,87
δ Géminis.	3.44	3,85	γ Lira.	3,47	3,88
q Orion.	3,45	3,86	η Géminis.	3,48	3,89
β Cefeo.	3,45	3,86	γ Cefeo.	3,48	3,89
θ Osa.	3,45	3,86	κ Osa.	3,49	3,90
ζ Hidra.	3,45	3,86	ε Casiopea.	3,49	3,90
γ Hidra.	3,46	3,87	θ Aguila.	3,50	3,91
β Triángulo austral	3,46	3,87	σ Escorpion.	3,50	3,91
ι Osa.	3,46	3,87	τ Argos.	3,50	3,91

»No deja de tener interés el siguiente cuadrito: los números designan las *cantidades de luz* de 17 estrellas de primera magnitud, tales como resultan de las magnitudes fotométricas.

Sirio.	4,165
η Argos.	—
Canopo.	2,041
α Centauro.	1,000
Arturo.	0,718
Rigel.	0,661
La Cabra.	0,510
α Lira.	0,510
Procion.	0,510
α Orion.	0,489
α Eridan.	0,444
Aldébaran.	0,444
β Centauro.	0,401
α Cruz.	0,391
Antarés.	0,391
α Aguila.	0,350
La Espiga.	0,312

»Véanse, además, las cantidades de luz de las estrellas que son exactamente de **1.ª**, de 2.ª, de 3.ª magnitud, etc.:

Magnitud segun la escala ordinaria.	Cantidad de luz.
1,00	0,500
2,00	0,172
3,00	0,086
4,00	0,051
5,00	0,034
6,00	0,024

«Para todas se ha tomado por unidad la cantidad de luz de la α del Centauro.»

III.

NÚMERO, DISTRIBUCION Y COLORES DE LAS ESTRELLAS.—GRUPOS ESTELARES.—VIA LACTEA SEMBRADA DE RARAS NEBULOSAS.

En la primera parte de estos fragmentos de astrognosia, he recordado la siguiente concepcion original de Olbers (67). Si la bóveda del Cielo estuviera enteramente tachonada de puntos estelares que correspondiesen á innumerables capas de estrellas, colocadas unas detrás de las otras en todas las direcciones posibles; si, además, atravesara la luz el espacio sin esperimentar en él estincion, entonces el fondo del Cielo presentaria un brillo uniforme insoportable, y no podria distinguirse ninguna constelacion; el Sol únicamente se reconoceria por sus manchas, y la Luna por un disco oscuro. Esta singular hipótesis traslada mi espíritu hácia un firmamento diametralmente opuesto, en cuanto á la apariencia, idéntico en el fondo, por el obstáculo que presentaria al desarrollo de la ciencia, si la Naturaleza no lo hubiese circunscrito á las llanuras del Perú. Allí, entre las costas del mar del Sud y la cadena de los Andes, una niebla espesa cubre el firmamento durante meses enteros. Esta estacion es conocida con el nombre de *el tiempo de la garua*. En ella es imposible distinguir un solo planeta, una sola de esas bellas estrellas del hemisferio austral, Canopo, la Cruz del

Sud, ó los piés del Centauro. Algunas veces apenas si se divisa el lugar que ocupa la Luna. Durante el dia, cuando por casualidad ocurre que se perciben los contornos del Sol, aparece su disco sin rayos como si se viera á través de un cristal negro; su color es amarillo rojizo, algunas veces blanco, y rara vez de un azul verdoso. El navegante, arrastrado á esos parajes por la corriente fria que reina en las costas del Perú, no puede reconocer la orilla; sin medios para determinar su latitud, pasa frecuentemente de largo el puerto al cual se proponia arribar. Felizmente la configuracion local de las curvas magnéticas le ofrece un último recurso; la aguja de inclinacion, como ya he enseñado en otra parte, parece guiarle cuando carece de la indicacion de los astros (68).

Bouguer y Jorge Juan su colaborador, deploraron mucho antes que yo «el cielo tan poco astronómico del Perú.» Pero una consideracion todavía mas grave vá unida á este fenómeno, cual es la de la existencia de una capa atmosférica impermeable á la luz, incapaz de retener la electricidad, donde jamás se forma la tormenta y desde donde se levantan hácia regiones mas puras las altas mesetas de las cordilleras con sus vértices cubiertos de perpétuas nieves. Segun las ideas que la Geología moderna tiene del estado de la atmósfera en los tiempos primitivos, es de presumir que el aire, entonces mas opaco y mezclado de vapores espesos, debia ser poco á propósito para trasmitir los rayos luminosos. Si se reflexiona, pues, en las acciones complejas que han determinado en el mundo primitivo, la separacion de los elementos sólidos, líquidos y gaseosos, y que han constituido finalmente la corteza terrestre, con sus envueltas actuales, será imposible sustraerse á la idea de que la humanidad ha corrido el peligro de vivir en una atmósfera opaca, ciertamente favorable á muchas especies vegetales, pero que hubiera ocultado á nuestras miradas las maravi-

llas del firmamento. La estructura de los Cielos habria escapado al espíritu analítico; fuera de la Tierra no existiria para nosotros en la creacion quizás mas que el Sol y la Luna; el espacio pareceria hecho únicamente para esos tres cuerpos. Privado de sus nociones mas elevadas acerca del Cosmos, el hombre no hubiera tenido esas aspiraciones que le incitan desde muchos siglos á la investigacion de la verdad, y que plantean incesantemente nuevos problemas, cuyas dificultades han tenido tanta influencia en el adelanto de las ciencias matemáticas. Debe, pues, considerarse un momento esta funesta posibilidad antes de *enumerar* aquí las conquistas del entendimiento humano; conquistas que el mas pequeño obstáculo hubiera ahogado en su gérmen.

Cuando se trata del *número* de los astros que llenan los espacios celestes, deben distinguirse las tres cuestiones siguientes: ¿Cuántas estrellas pueden percibirse á simple vista? ¿Cuántas contienen nuestros catálogos, es decir, cuál es el número de aquellas cuya posicion se conoce exactamente? ¿Cuántas estrellas hay comprendidas en los diferentes órdenes de brillo desde la 1.ª hasta la 9.ª y 10.ª magnitud? En la actualidad puede contestarse á estas tres cuestiones cuando menos de una manera aproximada. La ciencia tiene para ello materiales suficientes. Lo contrario sucede con esas investigaciones puramente de conjetura que han querido fundarse sobre medidas estelares de ciertas partes aisladas de la Via láctea áfin de llegar á resolver teóricamente la siguiente cuestion: ¿Cuántas estrellas se pueden discernir en la bóveda entera del Cielo, por medio del telescopio de 20 pies de Herschell? Problema que debe comprender los astros cuya luz emplea, segun se dice, 2,000 años en llegar hasta nosotros (69).

Los resultados númericos que respecto de este asunto doy á conocer, son debidos en gran parte á las investiga-

ciones de mi respetable amigo Argelander, director del Observatorio de Bonn, autor de la *Revision del cielo boreal*, á quien habia rogado que se sometieran á nuevo exámen los datos actuales de nuestros catálogos. Para la última clase de magnitud hay alguna incertidumbre que proviene de las divergencias de la apreciacion individual; esas diferencias se hacen mas sensibles en los límites de la perceptibilidad á simple vista, cuando es necesario separar las estrellas de 6.ª á 7.ª magnitud de las estrellas de la 6.ª Argelander ha encontrado como término medio, en multitud de combinaciones, que el número de las estrellas perceptibles á simple vista en todo el cielo es de 5,000 á 5,800, y que las estrellas comprendidas en cada clase, forman próximamente la série de los números siguientes, llegando hasta la 9.ª magnitud (70).

1.ª	magnitud	20	estrellas.
2.ª	—	65	—
3.ª	—	190	—
4.ª	—	425	—
5.ª	—	1100	—
6.ª	—	3200	—
7.ª	—	13000	—
8.ª	—	40000	—
9.ª	—	142000	—

El número de las estrellas que se puede claramente distinguir á simple vista, en un lugar dado, parece estremadamente pequeño á la primera ojeada: cuéntanse 4,146 en la parte de Cielo visible en el horizonte de Paris, y 4,638 en Alejandría (71). Siendo el radio médio del disco de la Luna de 15′ 33″, 5, son necesarias 195,291 áreas iguales al disco de este astro para cubrir la superficie entera del Cielo. Admitiendo, pues, que las 200,000 estrellas (en cifra redonda) comprendidas entre la 1.ª y la 9.ª magnitud, están repartidas de un modo uniforme, no habria mas que una estrella para cada una de esas áreas iguales al disco entero de la Luna; y como este astro em-

plea 44^{m} 30^{s} para describir en el Cielo una área igual á la de su propio disco no seria fácil hallar mas de una estrella, por término medio, en ese mismo espacio de tiempo. Si se quisiese, pues, estender hasta las estrellas de 9.ª magnitud el anuncio calculado de las ocultaciones de estrellas por la Luna, se encontraria que un fenómeno de ese género debe reproducirse, por término medio, á cada intervalo de 44^{m} 30^{s}. Despues de esto se comprende bien el hecho de que la Luna oculte tan pocas estrellas perceptibles á simple vista, en su marcha á través de las constelaciones.

La comparacion entre las enumeraciones antiguas y las modernas no está desprovista de interés. Ahora bien: Plinio, que conocia indudablemente el catálogo de Hiparco y le llamaba audaz empresa, diciendo que «Hiparco habia querido legar el Cielo á la posteridad,» ¡Plinio contaba solo 1,600 estrellas visibles en el hermoso cielo de Italia (72)! En su enumeracion colocaba, sin embargo, en gran número las estrellas de 5.ª magnitud. Medio siglo despues, el catálogo de Tolomeo indica solamente 1,025 estrellas hasta la 6.ª magnitud.

Desde que la clasificacion de las estrellas no se limita á las diferentes partes que ocupan en sus constelaciones respectivas, sino que se estiende tambien á su posicion relativamente al ecuador ó á la eclíptica, los progresos de esta rama de la ciencia se vienen regulando constantemente por los de los instrumentos de medida. De la época de Arístilo y de Timocharis (283 años antes de J. C.), no ha llegado hasta nosotros catálogo alguno. Sus observaciones estaban hechas toscamente (πάνυ ὁλοσχερῶς), segun un fragmento de Hiparco *sobre la longitud del año*, citado en el libro 7.º del Almagestas (cap. III, p. 15, edic. Halma); sin embargo, parece cierto que han determinado las declinaciones de un número considerable de estrellas, cerca de 150 años antes de la época del catálogo estelar de Hiparco. Sabido es

cómo la aparicion de una nueva estrella incitó á Hiparco á hacer una revision completa de las demás; pero carecemos en este asunto de otro testimonio que el de Plinio, testimonio acusado mas de una vez de no ser sino el eco de un rumor inventado intemporáneamente (73). Tolomeo no habla nada de él. De todos modos, resulta que el gran catálogo de Ticho tiene precisamente este orígen. Ticho, como Hiparco, se determinó á formar su catálogo por la aparicion súbita de una estrella brillante en Casiopea, hácia el mes de Noviembre de 1572. Juan Herschell cree que una nueva estrella vista en Escorpion 134 años antes de nuestra era, podria ser muy bien la de que hablaba Plinio (74). Segun los anales chinos, apareció en el mes de julio, bajo el reinado de Vu-Ti, de la dinastía de los Han, seis años antes de la época á la cual refieren la confeccion del catálogo de Hiparco, las investigaciones de Ideler. Eduardo Biot, cuya prematura pérdida lamentan todavía las ciencias, fue el que descubrió la mencion de este curioso fenómeno en la célebre coleccion de Ma-tualin, en donde están referidas todas las apariciones de cometas y de estrellas singulares que tuvieron lugar entre el año 613 antes de J. C., y el año 1222 de la era cristiana.

El poema didáctico de Arato, á quien debemos el único escrito de Hiparco que ha llegado hasta nosotros, pertenece á los tiempos de Eratóstenes, Timocharis y Arístilo (75). La parte astronómica de este poema que contiene tambien una parte meteorológica, está fundada en la esfera de Eudoxio de Cnide. Aun cuando el catálogo de Hiparco formó segun Ideler parte y muy esencial de la obra citada por Suidas sobre la *Distribucion de las estrellas y de los astros*, no nos es conocido (76). Este cuadro contenia las posiciones de 1,080 estrellas en el año 128 antes de nuestra era. Las posiciones dadas por Hiparco en su comentario acerca

de Arato, fueron determinadas indudablemente con ayuda del astrágalo ecuatorial, no con el astrolabio, porque todas ellas están referidas al Ecuador segun la declinacion y ascension recta. Por el contrario, el catálogo de Tolomeo, en el cual se encuentran 1,025 posiciones de estrellas y 5 *stellæ nebulosæ*, está referido á la eclíptica (77), y contiene solo las latitudes y longitudes (*Almagestas*, ed. Halma, t. II, p. 83). Créese que sea esta una simple reproduccion del catálogo de Hiparco trasformada por el cálculo. Véase cómo están repartidas esas estrellas entre las diferentes clases de magnitudes:

1.ª	magnitud	15	estrellas.
2.ª	—	45	—
3.ª	—	208	—
4.ª	—	474	—
5.ª	—	217	—
6.ª	—	49	—

Parecia que debieran encontrarse números mucho mas pequeños para la 5.ª y 6.ª clase; pero en cambio la riqueza de la 3.ª y 4.ª es notable. Toda otra comparacion mas detallada entre ese antiguo catálogo y los catálogos modernos seria, por otra parte, necesariamente ilusoria á causa de la vaguedad que es inherente por lo general á la evaluacion de las magnitudes.

Hemos visto que el catálogo estelar, llamado de Tolomeo, contiene únicamente la cuarta parte de las estrellas perceptibles á simple vista en el horizonte de Rodas ó de Alejandría; es preciso añadir que, á consecuencia de las reducciones fundadas en un falso valor de la precesion, las posiciones de estrellas que en él se encuentran parece como que fueron observadas, no en la época de Hiparco, sino hácia el año 63 de nuestra era. En los diez y seis siglos siguientes, no encontramos mas que tres catálogos completos y fundados en observaciones originales: el de Ulugh

Beg en 1437; el de Ticho en 1600, y el de Hevelio en 1660. En medio de los estragos de la guerra y de los mas bárbaros trastornos, apenas si pudieron aprovechar las ciencias los raros intervalos de calma entre el siglo IX y la mitad del siglo XV; pero fueron estas épocas de esplendor para la astronomía de observacion, que fué brillantemente cultivada por los Arabes, los Persas, los Mogoles, desde Al-Mamun, hijo de Harum Al Raschid, hasta el hijo del Schah Rokh, el Mohammed Taraghi Ulugh Beg. Las tablas astronómicas de Ebn Junis, compuestas en 1007, y denominadas tablas hakemíticas en honor del califa fatimita Aziz Ben Hakem Biamrilla, así como las tablas ilkanianas (78) de Nazir Eddin Tusi, fundador del gran observatorio de Meragha, que datan de 1259, demuestran bastantemente qué progresos habia hecho el conocimiento de los movimientos planetarios, y á qué perfeccion habian llegado los instrumentos de medida y los métodos de Tolomeo. Ya tambien se empleaban las oscilaciones del péndulo para las medidas del tiempo, á la vez que los clepsidros (79). Es preciso reconocer á los Arabes el gran mérito de haber enseñado el modo como pueden perfeccionarse las tablas astronómicas, comparándolas asiduamente con las observaciones. El catálogo de Ulugh Beg, escrito primitivamente en persa, está basado en las observaciones originales del gimnasio de Samarcanda, excepto algunas estrellas australes invisibles bajo la latitud de 39° 52′ (?) y tomadas de Tolomeo (80). Además contiene solo 1019 posiciones de estrellas reducidas en el año 1437. Un comentario subsiguiente abraza 300 estrellas de mas, cuyas posiciones fueron determinadas en 1533 por Abu-Bekri-Altizini. Llegamos así, por medio de los Arabes, los Persas y los Mogoles, á la gran época de Copérnico y casi á la de Tico.

Desde principios del siglo XVI, los progresos de la navegacion entre los trópicos y bajo las altas latitudes austra-

les, contribuyeron poderosamente á la estension incesante de nuestros conocimientos sobre el cielo estrellado, mucho menos, sin embargo, de lo que influyó un siglo mas tarde la invencion de los anteojos. Esas dos conquistas daban paso á nuevas regiones, á espacios anteriormente desconocidos en el Cielo. Ya he dicho en otra parte, lo que respecto al cielo austral debemos á los primeros navegantes, á Américo Vespucio, y despues á Pigaffetta, compañero de Magallanes y de Elcano. Vicente Yañez Pinzon y Acosta fueron los primeros en darnos á conocer esas manchas negras del cielo austral, denominadas *Sacos de Carbon*; Anghiera y Andrea Corsali describieron las Nubes de Magallanes (81). Aun entonces, la astronomía descriptiva precedió á la astronomía métrica. Exageráronse tambien los hechos. El ingenioso Cardan afirmaba que en las regiones celestes próximas al polo austral, tan pobre de estrellas como es sabido, Américo Vespucio habia contado á simple vista 10,000 (82). A la descripcion siguió inmediatamente la medicion. Federico Houtman, y Pedro Teodoro Van Emden ó Dirk Keyser, segun opinion de Olbers, que creia que ambos nombres pertenecian á una misma persona, midieron en Java y en Sumatra las distancias angulares de las estrellas. Merced á estas observaciones, las estrellas australes pudieron inscribirse en los mapas celestes de Bartsch, de Hondio y de Bayer; Képlero añadió las posiciones al catálogo de Ticho en las Tablas Rudoltinas.

Apenas trascurrido medio siglo desde el viaje de Magallanes alrededor del mundo, empieza Ticho sus trabajos acerca del cielo estrellado; trabajos admirables cuya exactitud escede á todo cuanto la astronomía práctica habia producido hasta entonces, aun sin esceptuar las observaciones en Cassel del landgrave Guillermo IV. Sin embargo, el catálogo de Ticho calculado y editado por Képlero, no comprende aun mas que 1,000 estrellas, cuya cuarta parte se

compone á lo sumo de estrellas de 6.ª magnitud. Este catálogo y el de Hevelio, que se ha empleado mucho menos y que contiene 1.564 posiciones, para el año 1.660, son los últimos productos de la observacion á simple vista, cuyo imperio se prolongó por la obstinacion de Hevelio, que rechazó constantemente la aplicacion de los anteojos á los instrumentos de medida. Esta aplicacion permite, en fin, estender mas allá de la 6.ª magnitud la determinacion de los lugares de las estrellas. Desde este momento puede decirse que los astrónomos entraron en posesion del universo sideral. Pero si el estudio de las estrellas telescópicas, la determinacion de su número y de sus posiciones han ensanchado el campo de nuestras ideas acerca del Universo, no es esta la única ventaja que ha proporcionado. Este estudio ha ejercido, y esto es de muy superior importancia, una influencia esencial en el conocimiento de nuestro propio mundo, por medio del descubrimiento de los planetas nuevos, y dando á los calculadores los medios de determinar con mas prontitud sus órbitas. Cuando Guillermo Herschell concibió la feliz idea de sondear las profundidades del espacio y de contar con sus *marcos* á diferentes distancias de la Via láctea (83), las estrellas que atravesaban el campo de sus grandes telescopios, llegó á ser posible el conocimiento de la ley segun la cual se acumulan las estrellas en las diferentes regiones. Esta ley engendró á su vez las concepciones grandiosas por medio de las cuales se representa la Via láctea con sus divisiones múltiples, como la perspectiva de una série de inmensos anillos estelares concéntricos, y conteniendo millones de estrellas. Por otra parte, el estudio minucioso de las estrellas mas pequeñas y de sus posiciones relativas ha ayudado de una manera singular al descubrimiento de los planetas que viajan en medio de ellas como las aguas de un rio entre dos orillas inmóviles. Vese, efectivamente, con cuánta facilidad ha podido encontrar Galle

á Neptuno, por la primera indicacion de Le Verrier, y cómo han sido descubiertos pequeños planetas, gracias al conocimiento profundo del Cielo, hasta en sus menores detalles. Mas por lo que sigue va á comprenderse mejor toda la importancia que pueden ofrecer catálogos tan completos como es posible. En el momento en que un nuevo planeta ha aparecido en el Cielo, se han esforzado tambien los astrónomos en descubrirlo segunda vez, por decirlo así, buscándolo en los antiguos catálogos. Si en alguna ocasion ha sido tomado este astro por una estrella ordinaria, si ha sido observado é inscrito bajo este nombre en un catálogo, siempre seria este documento retrospectivo mas útil para determinar una órbita cuya forma se dibuja lentamente, que lo podrian ser muchos años de observaciones posteriores. Por esto el número 964 del catálogo de Tobías Mayer jugó un gran papel en la teoría de Urano, y el núm. 26.266, de Lalande, en el de Neptuno (84). Antes que se hubiera llegado á reconocer planeta alguno en el sitio que ocupaba Urano, habia sido este observado 21 veces; siete por Flamsteed, una por Tobías Mayer, una por Bradley, 12 por Le Monnier. La esperanza de ver aumentar todavía el número de los astros de nuestro mundo planetario, no descansa únicamente en la fuerza actual de nuestros anteojos; es preciso quizás contar aun mas con la estension de nuestros catálogos y el cuidado de los observadores. Cuando se descubrió á Hebe, este planeta era de 8.ª á 9.ª magnitud (julio de 1847); cuando se le volvió á ver en Mayo de 1849, ya no era sino de 11.ª magnitud.

El primer catálogo que apareció desde la época en que Morin y Gascoigne enseñaron á unir los anteojos á los instrumentos de medida, es el catálogo de las estrellas australes, cuya posicion habia determinado Halley, durante su corta permanencia en Santa Elena, en 1677 y 1678. Es muy estraño que este catálogo no contenga estrellas in-

feriores á la 6.ª magnitud (85). Flamsteed habia emprendido mucho tiempo antes la construccion de su gran Atlas celeste; pero el trabajo de este célebre astrónomo no apareció hasta 1712. Vinieron despues los trabajos de Bradley, que llevaron al descubrimiento de la aberracion y de la nutacion, y su bella série de observaciones hechas desde 1750 á 1762, cuyo gran valor dió á conocer Bessel en 1818 con su *Fundamenta Astronomiæ* (86). Por último, aparecieron los catálogos de Lacaille y de Tobías Mayer, los de Gagnoli, de Piazzi, de Zach, de Pond, de Taylor y de Groombridge, los de Argelander, Airy, Brisbane y Rümker.

Escojamos, entre tantos trabajos notables, los catálogos que se recomiendan por su gran estension y que comprenden una buena parte de las estrellas de 7.ª á 10.ª magnitud. En primer término hallamos la *Historia celeste francesa* de Jerónimo de Lalande, á la cual se ha tributado tardía, pero brillante justicia. Este catálogo está basado en las observaciones hechas desde 1780 á 1800 por el francés Lalande y Burckhardt. Calculado y reducido cuidadosamente por órden de la *Asociacion Británica para el progreso de las ciencias*, y bajo la direccion de Francisco Baily, contiene 47,390 estrellas; muchas son de 9.ª magnitud; algunas todavía mas pequeñas. Harding, al cual se debe el descubrimiento de Juno, ha consignado en su Atlas de 27 mapas, mas de 50,000 posiciones de estrellas sacadas de la vasta coleccion francesa. Las *zonas* de Bessel, que contienen 75,000 observaciones, desde el paralelo celeste de — 15° hasta el de + 45°, han exigido ocho años de trabajo. Empezada en 1825 esta gran obra, se terminó en 1833. Argelander continuó estas zonas desde 1841 á 1843 hasta el paralelo de 80°, y fijó con una exactitud admirable los lugares de 22,000 estrellas (87). Por último, las zonas de Bessel fueron reducidas y calculadas en gran parte por los cuidados de la Academia de San Petersburgo. Weisse, di-

rector del observatorio de Cracovia, encargado de ese trabajo, calculó para 1825 las posiciones de 31,895 estrellas, de las cuales solo 19,738 son de 9.ª magnitud (88).

Réstame mencionar los *Mapas de la Academia de Berlin*. Para hablar dignamente de esta obra inmensa, creo lo mas á propósito tomar el siguiente pasaje pronunciado por Encke en elogio de Bessel (89): «Es sabido que Harding ha tomado de la *Historia celeste* de Lalande los elementos de su Atlas, en donde tan admirablemente representado está el cielo estrellado. Así tambien Bessel, despues de haber terminado en 1824 la primera parte de sus zonas, se propuso basar mapas celestes aun mas detallados sobre estas nuevas observaciones. Segun el plan de Bessel, no se trataba únicamente de dibujar los lugares observados, sino tambien de hacer esos mapas mas completos, para que al compararlos despues con el Cielo fuese posible reconocer inmediatamente los planetas mas pequeños y distinguirlos en medio de las estrellas fijas, sin tener necesidad de esperar un cambio de posicion siempre largo y difícil de comprobar. El proyecto de Bessel no está aun ejecutado en toda su estension, y ya sin embargo los mapas de la Academia de Berlin han realizado de la manera mas brillante las esperanzas del iniciador de esta empresa. Con efecto, estos mapas son los que han procurado, ó cuando menos facilitado, el reciente descubrimiento de siete nuevos planetas (1850).» De 24 mapas que deben representar una zona comprendida entre los paralelos de 15°, de cada lado del ecuador, la Academia de Berlin ha publicado ya 16, en los cuales háse limitado á indicar, en cuanto posible ha sido, todas las estrellas comprendidas en los 9 primeros órdenes de magnitud, y tambien una parte de las estrellas de la décima.

Lugar es este de recordar las tentativas que se han hecho para estimar el número de las estrellas visibles en

todo el Cielo, merced á los poderosos instrumentos ópticos de que dispone hoy la Astronomía. Struve admite que el célebre telescopio de 20 piés, empleado por G. Herschell en sus marcos *(gauges, sweeps)* con un aumento de 180 veces, permite ver 5.800,000 estrellas en las dos zonas que se estienden á 30° al Norte y al Sud del ecuador, y 20.374,000 en el cielo entero. Con un instrumento mas poderoso todavía, el telescopio de 40 piés, elevó Guillermo Herschell á 18.000,000 el número de estrellas contenidas solo en la Via láctea (90).

Limitémonos aquí á las enumeraciones fundadas en las observaciones efectivas y en los catálogos actuales, tanto para las estrellas perceptibles á simple vista, cuanto para las estrellas telescópicas, y veamos ahora de qué modo se han disminuido ó agrupado esos astros en la bóveda celeste. Hemos dicho ya que las estrellas pueden servir de señales en la inmensidad del espacio; á pesar de los pequeños movimientos aparentes ó reales de que están animadas, la Astronomía refiere á esos puntos *fijos* todo lo que se mueve mas rápidamente en el Cielo; los cometas, por ejemplo, ó los planetas de nuestro sistema. Al primer golpe de vista que se dirige al firmamento, las estrellas son las que se apoderan en primer término de nuestro interés, por su multiplicidad y la preponderancia de sus masas, y son tambien la fuente de los sentimientos de admiracion ó de asombro que el aspecto del Cielo produce en nosotros. Pero los movimientos de los astros errantes responden mejor á la naturaleza escrutadora de la razon, porque allí está el orígen y el objeto de esos difíciles problemas, cuya solucion escita incesantemente el vuelo de la ciencia.

En medio de esta multitud de astros grandes y pequeños de que está sembrada como por casualidad la bóveda celeste, se detiene la mirada espontáneamente sobre grupos de estrellas brillantes, asociadas en apariencia por una pro-

ximidad asombrosa, ó tambien sobre estrellas notables por su resplandor y cierto aislamiento en la region que ocupan. Esos grupos naturales hacen presentir de un modo oscuro un lazo, una dependencia cualquiera entre las partes y el todo, y han sido observados en todas las épocas, aun por las razas de hombres mas incultos. Las investigaciones hechas en estos últimos tiempos sobre las lenguas de muchas tribus llamadas salvajes, así lo acreditan; encuéntranse asimismo casi siempre de una raza á otra grupos idénticos bajo nombres diferentes, y esos nombres debidos ordinariamente al reino orgánico dan una vida fantástica á la soledad y al silencio de los cielos. Así se distinguieron bien pronto las 7 estrellas de las Pléyades ó la Pollera, las 7 del Gran Carro, las del Cinto de Orion (baston de Jacob), de Casiopea, del Cisne, de Escorpion, de la Cruz del Sud, tan notable por su cambio de direccion al salir y al ponerse, de la Corona austral, de los Piés de Centauro, que forman una especie de constelacion, de Géminis en el hemisferio austral, etc. En cuanto al Pequeño Carro, es una constelacion menos antigua que debe solo su orígen á una asombrosa repeticion de la forma del Gran Carro.

Donde quiera que las estepas, estensas praderas ó desiertos de arena presentan un largo horizonte, la salida y puesta de las constelaciones, variando sin cesar con las estaciones, los trabajos de la agricultura, y las ocupaciones de los pueblos pastores, han sido desde las primitivas edades, objeto de un detenido estudio y de una asociacion de ideas simbólicas. Así es como la astronomía contemplativa, y no la que tiene por objeto las medidas y los cálculos, ha empezado á desarrollarse. Además del movimiento diurno, como á todos los cuerpos celestes, se reconoció bien pronto al Sol otro movimiento mucho menos rápido, que se verifica en una direccion opuesta. Las estrellas que se ven por la tarde en el Occidente se aproximan al Sol y acaban por per-

derse en sus rayos durante el crepúsculo, mientras qne las estrellas que brillan en el Cielo antes de la aurora se separan del Sol y se le adelantan mas y mas. El variado espectáculo del Cielo ofrece sin cesar á nuestros ojos nuevas constelaciones. Pero con un poco de atencion ha sido fácil reconocer que las estrellas matutinas eran las mismas estrellas que se habian visto desaparecer antes por el Oeste, y que las constelaciones próximas en un principio al Sol se volvian á encontrar seis meses despues en el lado opuesto, ocultándose á la salida del Sol y apareciendo cuando su ocaso. De Hesiodo á Eudosio, de Eudosio á Arato, la literatura de los Griegos está llena de alusiones respecto de esos fenómenos anuales de la salida y puesta eliaca de las estrellas. En la observacion exacta de esos fenómenos es donde se fundaron los primeros elementos del arte de medir el tiempo: elementos que ya espresaba friamente por números la ciencia en sus albores, mientras que la imaginacion oscura ó brillante de los pueblos entregaba los espacios celestes á los caprichos de la Mitología.

Los Griegos enriquecieron poco á poco su esfera primitiva con nuevas constelaciones, mucho antes de pensar en coordinarlas de alguna manera con la eclíptica. Adopto tambien aquí, como en la *Historia del Estudio del Mundo físico*, las opiniones de mi célebre y malogrado amigo Letronne (91). Homero y Esiodo conocian ya ciertas constelaciones y daban nombre á ciertas estrellas. Homero cita la Osa mayor, llamada entonces Carro celeste, y que «no se baña en las aguas del Océano;» habla del Vaquero y del Perro de Orion. Hesiodo trata de Sirio y Arturo. Homero y Hesiodo conocian las Pléyades, las Hyadas y la constelacion de Orion (92). Si el primero dice, en dos ocasiones, que la Osa *sola* no se hunde jamás en el mar, dedúcese únicamente de esto que no se habian formado aun en aquella época las constelaciones del Dragon, Cefea y de

la Osa Menor, que ya no se ocultan. Lo que se ignoraba entonces eran los asterismos; no las estrellas que los componen. Un largo pasaje de Strabon, mal interpretado generalmente (Strabon, lib. I, p. 3; ed. Casaubon), establece completamente la tésis capital de que aquí se trata, á saber: la introduccion sucesiva de las constelaciones en la esfera griega. «Torpemente se acusa á Homero de ignorancia, dice Strabon, porque no habló mas que de una de las dos Osas celestes. Probablemente la segunda constelacion no estaba formada aun en su época. Los primeros que la formaron fueron los Fenicios, y se sirvieron de ella para la navegacion; entre los Griegos se conoció despues.» Todos los comentadores de Homero, Hyginio y Diógenes de Laërtes, atribuyen á Thales la introduccion de esta constelacion. El Pseudo-Eratóstenes llama á la Osa menor Φοινίκη, para indicar que servia de guia á los Fenicios. Un siglo despues, hácia la 71ª Olimpiada, Cleostrato, de Tenedos enriqueció la esfera de Sagitario, Τοξότης, y de Aries, Κριός.

A partir de esta época, es decir, de la tiranía de los Pisistrátidas, hace datar Letronne la introduccion del Zodiaco en la antigua esfera de los Griegos. Eudemo, de Rhodas, uno de los mas distinguidos discípulos del Estagirita, y autor de una Historia de la Astronomía, atribuye la introduccion de la zona zodiacal (ἡ τοῦ ζωδιακοῦ διάζωσις ὁ ζωΐδιος κύκλος) á Œnopides de Chio, contemporáneo de Anaxágoras (93). La idea de referir los lugares de los planetas y de las estrellas á la órbita solar y la division de la eclíptica en doce partes iguales (dodecatemorias), pertenece á la antigüedad caldea, de donde vino directamente á los Griegos, sin pasar como se ha creido por el valle del Nilo. La fecha de esta trasmision no se remonta tampoco mas allá del principio del siglo V ó VI antes de nuestra Era (94). Los Griegos se limitaron á subdividir, en su esfera primitiva, las constelaciones que mas se aproximaban á la eclíptica y que podian

servir de constelaciones zodiacales. La prueba de esto es muy sencilla: si los Griegos hubiesen tomado de un pueblo estranjero un zodiaco completo, en lugar de limitarse á la idea de dividir la eclíptica en dodecatemorias, no se contarian entre ellas once constelaciones únicamente en el Zodiaco, habiendo sido dividida una de ellas en dos, Escorpion, para completar el número necesario. Sus divisiones zodiacales habrian sido mas regulares; no hubieran abrazado espacios de 35 á 48 grados, como Tauro, Leo, Piscis y Virgo, mientras que Cáncer, Aries y Capricornio comprenden de 19 á 23 solamente. Sus constelaciones no se hubieran dispuesto de una manera irregular al Norte y al Sud de la eclíptica, ya ocupando en su círculo grandes espacios, ya apiñadas por el contrario, y colocadas una sobre otra, como Tauro y Aries, Acuario y Capricornio. Pruebas evidentes de que los Griegos hicieron los signos del Zodiaco con sus antiguas constelaciones.

Segun Letronne, el signo de Libra fue introducido en tiempo de Hiparco, y quizá por Hiparco mismo. Ni Eudoxio, ni Arquímedes, ni Autolyco hablan de él. Hiparco mismo no lo menciona tampoco en lo que de él nos queda, escepcion hecha de un pasaje que indudablemente ha sido falsificado por un copista (95). En los escritos de Gemino y de Varron, medio siglo apenas antes de nuestra era, se trata por primera vez de este nuevo signo; y como la pasion por la Astrología invadió el mundo romano, entre el reinado de Augusto y el de Antonino, sucedió tambien que las constelaciones «colocadas en el camino celeste del Sol,» adquirieron una importancia desmesurada, quimérica. A la primera mitad de este período de la dominacion romana, pertenecen las representaciones zodiacales de los templos de Dendera y de Esneo, las de los propilones de Panópolis y de las envolturas de muchas momias. Hay que añadir, que estas verdades para en adelante adquiridas, habian sido

sostenidas ya por Visconti y Testa, aun antes de que se hubieran recogido las pruebas decisivas, en un tiempo en que se daba campo á las mas singulares teorías sobre la significacion simbólica de las representaciones zodiacales y sobre sus pretendidas relaciones con la precesion de los equinoccios. En cuanto á la gran antigüedad que A. W. de Schlegel atribuia á los zodiacos indios, fundándose en algunos pasajes de las leyes de Manú, de Ramayana, de Valmiki ó del diccionario de Amarasinha, á pesar de las ingeniosas investigaciones de Adolfo Holtzmann, ha sido puesta en duda (96).

Esas constelaciones formadas al acaso, durante el trascurso de los siglos, sin objeto determinado, la magnitud incómoda, la indeterminacion de sus contornos, las designaciones complicadas de las estrellas componentes para las cuales ha sido preciso alguna vez agotar alfabetos enteros, dígalo la de la Nave Argos, el poco gusto con que se ha introducido en el cielo austral la fria nomenclatura de los instrumentos usados en las ciencias, tales como el Péndulo, ó el Hornillo de Química, al lado de las alegorías mitológicas, todos estos defectos acumulados, han sugerido ya muchas veces planes de reforma para las divisiones estelares y el proyecto de desterrar en ellos toda configuracion. Es preciso confesarlo: la tentativa ha debido parecer menos atrevida para el hemisferio austral que para el nuestro; porque en el primero, Escorpion, Sagitario, Centauro, la Nave y el Eridan, son las únicas constelaciones á las cuales la poesía ha dado el derecho de ser mencionadas (97).

Las palabras de bóveda estrellada (*orbis inerrans* de Apuleyo) ó de estrellas fijas (*astra fixa* de Manilio) son espresiones tan impropias que recuerdan, segun hemos dicho (98), dos ideas diferentes que se han reunido, ó mejor aun, confundido. Cuando Aristóteles usa la espresion de ἐνδεδεμένα ἄστρα (astros fijos) para designar las estre-

llas; cuando Tolomeo las denomina προσπεφυκότες (adherentes), bien evidente es que esas denominaciones se refieren á la esfera cristalina de Anaximenes. El movimiento diurno que arrastra á todos esos astros del Este al Oeste, sin cambiar sus distancias mútuas, debió llevar desde luego á ideas ó á hipótesis del género de la que sigue: «Las estrellas (ἀπλανῆ ἄστρα) pertenecen á las regiones superiores; están allí fijas y como clavadas sobre una esfera de cristal; los planetas (ἄστρα πλανώμενα ό πλανητά) que tienen otro movimiento en sentido inverso, corresponden á otras regiones inferiores y mas próximas á nosotros (99).» Si desde los primeros tiempos de la era de los Césares, se encuentra en Manilio el término de *Stella fixa* en vez de *infixa* ó *affixa*, es de creer que ya se habia tenido en cuenta desde un principio en la escuela romana el sentido primitivo de que acabamos de hablar; pero que andando los tiempos la palabra *fixus* que entraña el sentido de *immotus* y de *immobilis* ha llegado á confundirse en la creencia popular, ó mas bien en el lenguaje mismo, prevaleciendo la idea de inmovilidad; de tal suerte que las estrellas han llegado á ser *fijas* (stellæ fixæ), independientemente de la esfera á la cual se las creia adheridas en otro tiempo. Véase cómo pudo Séneca decir del mundo de las estrellas *fixum et immobilem populum*.

Si guiados por Stobeo y el compilador de las «Opiniones de los Filósofos,» seguimos la huella de la idea de una esfera de cristal, hasta la época antigua de Anaximenes, la encontramos aun mas claramente formulada por Empédocles. Este filósofo considera la esfera de los fijos, como una masa sólida formada de una parte del éter convertido en cristal por el elemento ígneo (100). A su modo de ver, la Luna es una materia que la fuerza del fuego ha coagulado en forma de granizo y que recibe su luz del Sol. En la física de los antiguos, y segun su manera de comprender el paso del estado fluido al sólido, las concepciones precedentes no esta-

ban en la necesaria relacion con las ideas de enfriamiento y de congelacion; pero la afinidad de la palabra κρύσταλλος con κρύος y κρυσταίνω, y una aproximacion natural con la materia que sirve vulgarmente de tipo para la trasparencia, han dado cuerpo á ideas en un principio menos precisas (1); ha llegado á verse en la bóveda celeste una esfera de cristal ó de vidrio; y Lactancio ha podido decir: *Cœlum aerem glaciatum esse*, y en otra parte: *Vitreum cœlum*. Indudablemente Empédocles no pensó en el cristal, invencion fenicia, sino en el aire que el éter ígneo habria transformado en un cuerpo sólido eminentemente trasparente. Por lo demás se comprende bien que siempre que se trataba de este cristal (κρύσταλλος), la idea dominante era la de trasparencia; separábase de ella la del frio para no pensar mas que en un cuerpo que habia llegado al estado sólido permaneciendo trasparente. El poeta empleaba la palabra cristal; pero el prosista decia solamente κρυσταλλοειδής, semejante al cristal, dígalo sinó el pasaje de Aquiles Tacio, comentarista de Arato á que me he referido en la penúltima nota. Así tambien la palabra πάγος (de πήγνυσθαι, solidificarse) quiere decir pedazo de cristal, pero es preciso limitarse aquí al sentido relativo á la solidificacion.

Los Padres de la Iglesia fueron los que trasmitieron á la edad media la idea de una bóveda de cristal. Habíanla tomado al pié de la letra y volviendo de nuevo á encarecer la idea primitiva, imaginaban un cielo de cristal formado de ocho á diez capas superpuestas casi como las telas de la cebolla. Esta singular concepcion se habia tambien perpetuado en ciertos conventos de la Europa meridional, si he comprendido bien la idea que tenia un venerable príncipe de la Iglesia, con motivo del famoso aereolito de Aigle, el cual le preocupaba grandemente. Esta pretendida piedra meteórica cubierta de una costra vitrificada no era la piedra misma, decia con gran sorpresa mia, sino un simple frag-

mento del cielo de cristal que habia debido romper en su caida. Keplero, se vanagloriaba dos siglos y medio antes, de haber roto las 77 esferas homocéntricas del célebre Girolamio Fracastor y todos los epiciclos de los antiguos, demostrando que los cometas cortan y atraviesan en todos sentidos las órbitas planetarias (2). En cuanto á averiguar si los grandes entendimientos, tales como Eudoxio, Menechmo, Aristóteles y Apolonio de Perga, creyeron en la realidad de esas esferas encajadas una en otra y conduciendo á los planetas, ó si esta concepcion no era para ellos mas que una combinacion ficticia propia para simplificar los cálculos y guiar al espíritu á través de los difíciles detalles del problema de los planetas, punto es este que he tratado en otra parte y cuya importancia es imposible desconocer, cuando se quieren buscar en la historia de la Astronomía las fases sucesivas del desarrollo del entendimiento humano (3).

Dejemos ya la antigua pero artificial division de las astrellas en constelaciones zodiacales, y la esfera sólida á la cual se las creia fijas. Pero antes de pasar al estudio de los grupos naturales que forman realmente, y á las leyes de su distribucion en el espacio, detengámonos un momento en algunos fenómenos particulares, tales como los rayos parásitos, los diámetros imaginarios y los colores variados de las estrellas. Ya he mencionado, á propósito de las lunas de Júpiter (4), los rayos que á simple vista parecen salir de las estrellas brillantes, especies de cola cuyo número, posicion y longitud varian, por lo demás, para cada observador. La vision indistinta se debe á muchas causas de naturaleza orgánica; depende de la aberracion de esfericidad del ojo, de la difraccion que se produce en los bordes de la pupila ó de las pestañas, y del modo irregular con que la irritabilidad de la retina propaga alrededor de cada punto, la impresion recibida directamente (5). Yo veo muy

regularmente ocho rayos, inclinados uno sobre otro 45°, alrededor de las estrellas de 1.ª, 2.ª y 3.ª magnitud. Segun la teoría de Assenfratz, esas colas son las cáusticas del cristalino formadas por la mútua interseccion de los rayos refractados; siguen, pues, los movimientos de la cabeza y se inclinan con ella á la derecha ó á la izquierda (6). Algunos astrónomos amigos mios ven sobre las estrellas tres ó cuatro rayos y ninguno debajo de ellas. Siempre he creido muy notable el caso de que los antiguos Egipcios hayan dado constantemente á las estrellas cinco rayos dispuestos con 72° grados de intérvalo; segun Horapolo, la imágen de una estrella significa el número 5 en el lenguaje geroglifico (7).

Las colas de las estrellas desaparecen cuando se las mira á través de un pequeñísimo agujero hecho en una carta con una aguja; yo he hecho con frecuencia esta prueba en Sirio y Canopo. Lo mismo sucede cuando se emplean anteojos provistos de aumentos considerables; entonces las estrellas aparecen como puntos brillantes en estremo, ó mejor aun, como discos escesivamente pequeños. Estos detalles no dejan de ser interesantes; los efectos de que se trata contribuyen á la magnificencia de la bóveda estrellada. Quizás la vision indistinta favorezca este efecto; porque el débil centelleo y la ausencia completa de esos rayos estelares bajo el cielo de los trópicos, parece como que aumentan la calma de la noche y despueblan en algun modo la bóveda celeste. Con respecto á este asunto, Arago desde largo tiempo ha presentado el problema siguiente: ¿Por qué no pueden verse á su salida las estrellas de primera magnitud, á pesar de su luz brillante, mientras que se ve el primer borde de la Luna desde que aparece en el horizonte (8)?

Los instrumentos ópticos mas perfectos, provistos de los aumentos mas fuertes, dan á las estrellas diámetros ficticios (spurious disks), que llegan á ser tanto mas peque-

ños, segun observacion de Juan Herschell, cuanto mayor es la abertura del anteojo (9). Las ocultaciones de las estrellas por la Luna están exentas de esta causa de error, porque la inmersion y la emersion se verifican instantáneamente; es imposible asignar alguna fraccion de segundo á la duracion de ese fenómeno. Si la estrella ocultada ha parecido alguna vez usurpar el disco de la Luna, hecho es este de difraccion ó de inflexion de los rayos de la luz, del cual nada podria deducirse respecto á los diámetros reales de las estrellas. Hemos tenido ocasion en otra parte de recordar que Guillermo Herschell encontraba para la Vega de Lira un diámetro de 0″,36, empleando un aumento de 6,500. Otra vez, visto Arturo á través de una niebla espesa, aparecia reducido su disco á 0″,2. Los rayos parásitos son los que hacian atribuir diámetros tan considerables á las estrellas antes del invento de los anteojos: Ticho y Keplero asignaban, por ejemplo, á Sirio un diámetro de 4′ y de 2′,20″ (10). Los anillos alternativamente luminosos y oscuros que rodean los falsos discos estelares, cuando se emplean aumentos de 200 y 300 veces, y que llegan á ser visibles cuando se cubre el objetivo con diafragmas de diferentes formas, son fenómenos de interferencia y de difraccion; punto que se estableció por los trabajos de Arago y de Airy. Cuando las estrellas son estremadamente pequeñas desaparecen esos anillos; sus imágenes se reducen á simples puntos luminosos, de los cuales se puede sacar partido para esperimentar la perfeccion y la fuerza óptica de los grandes anteojos ó de los telescopios reflectores. Tales son las componentes de una estrella dos veces doble, ε de la Lira, ó la 5.ª y la 6.ª estrella descubiertas por Struve en 1826, y por Juan Herschell en 1832, en el trapecio de la gran nebulosa de Orion, trapecio que constituye la estrella múltiple θ de Orion (11).

Desde hace mucho tiempo se ha notado que las estre–

llas y aun los planetas presentan diferencias de coloracion bastante marcadas; pero este órden de hechos no llegó á toda su estension é importancia, sino á partir de la época en que pudo ser estudiado, con el auxilio de telescopios, sobre todo desde que se ha dedicado á las estrellas dobles una atencion tan viva y sostenida. No se trata aquí de los cambios de color ya descritos mas arriba, á cuyo centelleo acompaña aun en las estrellas, el blanco mas puro. Y menos todavía de la coloracion pasajera en rojo que sufre la luz estelar en el horizonte á consecuencia de las propiedades especiales del medio atmosférico. Hablo únicamente del color propio esencial de la luz estelar, color que varía de una á otra estrella, en virtud de las leyes particulares al desenvolvimiento de la luz en cada cuerpo, y segun la naturaleza de la superficie de donde emana. Los astrónomos griegos no conocian mas que estrellas blancas y rojas; hoy la vision telescópica ha permitido encontrar en los espacios celestes, como en las corolas de las fanerógamas ó los óxidos metálicos, casi todas las gradaciones que el espectro presenta entre los límites estremos de la refrangibilidad, desde los rayos rojos hasta los rayos violados. Tolomeo cita en su catálogo 6 estrellas color de fuego ὑποκίῤῥοι (12), á saber: Arturo, Aldebaran, Polux, Antarés, α de Orion (hombro derecho), y Sirio. Cleómedes compara tambien el color rojo de Antarés con el de Marte (13), al cual se daba ya el epíteto de πυῤῥὸς, ya el de πυροειδὴς.

De las 6 estrellas que acabamos de citar, 5 tienen hoy todavía una luz roja, ó cuando menos rojiza. Colócase tambien á Polux entre el número de las estrellas rojizas, pero Castor es verde pálido (14). Sirio ofrece, pues, el único ejemplo de un cambio de color comprobado históricamente; porque la luz de Sirio es hoy de una blancura perfecta. Solo una gran revolucion, ya en la superficie, ya en la fotósfera de esta estrella, de este sol apartado, segun la an-

tigua espresion de Aristarco de Samos, ha podido producir ese cambio de color, interrumpiendo la accion de las causas á que se debia el predominio de los rayos rojos. Este mismo predominio puede atribuirse á que los rayos complementarios de los rojos estaban absorbidos por la fotósfera misma de la estrella ó por nubes cósmicas que se transportarian en tal caso lentamente de un punto á otro del espacio (15). Como los rápidos progresos de la óptica moderna dan un vivo interés á esta cuestion, seria de desear que la época de este gran acontecimiento, señalado por la desaparicion del color rojo de Sirio, pudiera determinarse entre ciertos límites. En los tiempos de Ticho ya estaba Sirio perfectamente blanco; porque cuando se vió con sorpresa la nueva estrella que apareció en 1572 en la constelacion de Casiopea con una luz de blancura sorprendente, pasar al rojo en el mes de marzo de 1573, y en enero de 1574 volver á ser blanca, se la comparaba durante el segundo período con Marte y Aldebaran, pero nunca con Sirio. Quizás Sedillot ú otros sabios filólogos, versados en la astronomía de los Arabes y de los Persas, lograrian descubrir algun testimonio antiguo acerca del color de Sirio, si quisieran dirigir sus investigaciones hácia la época comprendida entre El-Batani (Albategnius) ó El-Fergani (Alfraganus) y Abdurrahman-Sufi ó Ebn-Junis, es decir, de 880 á 1007. Podrian prolongar sus investigaciones hasta los tiempos de Nassir-Eddin y de Ulugh-Beg. Mohammed Ebn-Kethir El-Fergani, que observaba en Rakka, á orillas del Eufrates, hácia mediados del siglo X, indica como rojas á Aldebaran y la Cabrilla, cuyo color es hoy amarillo, ó todo lo mas amarillo rojizo (16); pero no se ocupa para nada de Sirio. En todo caso, si Sirio habia ya perdido su color rojo antes de esta época, seria singular que El-Fergani, que sigue á Tolomeo en todo, hubiese descuidado indicar el cambio de color de una estrella tan

célebre. Las pruebas negativas son en verdad rara vez suficientes; por otra parte, Beteigeuze (α de Orion), que es hoy tan roja como en tiempo de Tolomeo, ha sido olvidada en el mismo pasaje del libro de El-Fergani (*c*).

Háse convenido en dar el primer lugar entre las estrellas brillantes á Sirio, bajo el punto de vista histórico, á causa del papel capital que ha desempeñado largo tiempo en la cronología, y de su íntima relacion con los primeros desarrollos de la civilizacion á orillas del Nilo. Segun las recientes investigaciones de Lepsio (17), el período sotiaco y los movimientos heliacos de Sothis (Sirio), acerca de los cuales ha publicado Biot una escelente disertacion, han arreglado completamente la institucion del calendario egipcio, á partir de una época que se puede hacer subir hasta cerca de 33 siglos antes de nuestra era; «época en la cual el nacimiento heliaco de Sirio coincidia con el solsticio de verano, y en la que, por consiguiente, el desbordamiento del Nilo empezaba con el primero del mes de Pachon (mes de la inundacion).» He reunido en una nota investigaciones muy recientes y todavía inéditas acerca de Sothis ó Sirio; que descansan en las relaciones etimológicas del copto, del zend, del sanscrito y del griego; pero se encaminan únicamente á las personas que gustan de los orígenes de la Astronomía, y que en las afinidades de las lenguas encuentran preciosos vestigios de los conocimientos de la antigüedad (18).

Cuéntanse hoy como estrellas blancas, ademas de Sirio, á Vega, á Deneb, Régulo, y la Espiga de Virgo. Entre las pequeñas estrellas dobles, Struve ha hallado 300 pares cuyas dos componentes son blancas (19). El color amarillo ó pajizo se nota en Procion, Ataïr, la Polar y sobre todo en la β

(*c*) Véanse las *Observaciones complementarias*, de la primera parte del tomo III.

de la Osa menor. Hemos dicho ya que Beteigeuze, Arturo, Aldebaran, Antarés y Polux son rojas ó rojizas. Rumker ha encontrado á la γ de la Cruz de un color rojo subido; y mi amigo el capitan Berard, escelente observador, escribia en 1847 desde Madagascar, que veia pasar el color de α de la Cruz tambien al rojo hacia muchos años. Una estrella de la nave, η de Argos, que han hecho célebre las observaciones de Juan Herschell, varia no solamente de brillo, sino que tambien de color; mas adelante hablaremos de ella de una manera detallada. En 1843, Mackay hallaba en Calcuta que esta estrella tenia precisamente el color de Arturo, es decir, que era de un amarillo rojizo (20). Luego, las cartas del teniente Gilliss, escritas en Santiago de Chile en 1850, nos prueban que su color ha llegado á ser todavía mas subido que el de Marte. A continuacion del *Viaje al Cabo*, ha dado Juan Herschell un pequeño catálogo de 76 estrellas comprendidas entre la 7.ª y la 9.ª magnitud: todas ellas son de un rojo de rubí (ruby coloured), y algunas parecen como pequeñas gotas de sangre. Mas allá de la 9.ª ó 10.ª magnitud llega á ser realmente imposible, dice Struve, distinguir los colores de las estrellas. La mayor parte de la descripciones de estrellas variables les asignan un color rojo ó cuando menos rojizo (21). Mira de la Ballena, la primera estrella cambiante que se ha descubierto (22), es de un tinte rojizo muy pronunciado. Pero la coloracion en rojo no está necesariamente ligada al fenómeno de la variabilidad de luz, porque sin hablar de un gran número de estrellas rojas que no son variables, pueden citarse muchas variables que son enteramente blancas; por ejemplo: Algol, en la cabeza de Medusa, β de la Lira ε del Cochero... En cuanto á las estrellas azules, cuya existencia ha sido marcada por vez primera por Mariotte en su *Tratado de los colores* (23), pueden citarse muchos tipos notables: η de la Lira es azulada; Dunlop ha descubierto en el hemisferio austral un

pequeño grupo de 3′ $^1/_2$ de diámetro, en el cual todas las estrellas son azules. Existen muchos sistemas binarios donde la estrella principal es blanca y la compañera azul; en otros, las dos estrellas son azules á la vez (24), como por ejemplo δ de la Serpiente, la 59 de Andrómeda... Lacaille habia hallado cerca de κ de la Cruz del Sud, un grupo de estrellas al cual daban el aspecto de una nebulosa sus débiles instrumentos. Con poderosos telescopios hánse encontrado mas de cien estrellas diversamente coloreadas, rojas, verdes, azules y de azul verdoso. Esas estrellas están tan juntas, que podrian llamarse un cofrecillo de piedras preciosas polícromas (like a superb piece of fancy jewellery) (25).

Los antiguos han creido reconocer una notable simetría en las posiciones relativas de ciertas estrellas de 1.ª magnitud. Distinguieron sobre todo cuatro estrellas diametralmente opuestas en la esfera, Aldebaran y Antarés, Régulo y Fomalhaut, á las cuales habíase dado el nombre de *estrellas reales*. Un escritor de la época de Constantino, Julio Firmio Materno (26), suministró detalles curiosos acerca de esta disposicion regular de que he hablado en otra parte (27). Las diferencias de ascension recta de las estrellas reales *(stellæ regales)* son de $11^h\ 57^m$ y $12^h\ 49^m$. La importancia que se les atribuia venia sin duda alguna de las tradiciones del Oriente que penetraron bajo los Césares en el mundo Romano, donde inspiraron un gusto tan vivo por la Astrología. Hállanse hasta en el libro de Job, señales de la costumbre antigua de designar las cuatro regiones del Cielo por cuatro constelaciones opuestas; un pasaje oscuro del capítulo 9.° (versículo 9) opone «á las habitaciones del Oriente» la *Pierna*, es decir, la constelacion boreal de la Osa mayor; la misma *Pierna de Toro*, que tanto se ha señalado en el Zodiaco de Dendera y en los papiros mortuorios de los Egipcios (28).

Un siglo antes de la invencion del telescopio, ya comenzaba á llamar la atencion de los sábios el cielo austral, una de cuyas partes, la mayor y mas bella, que empezaba á los 53° de declinacion, habia permanecido como velada por la antigüedad y aun hasta fines de la Edad media. En tiempo de Tolomeo veíanse sobre el horizonte de Alejandría: el Altar, los Piés del Centauro, la Cruz del Sud, comprendida entonces en el Centauro y llamada tambien mas tarde *Cæsaris Thronus* en honor de Augusto, como afirma Plinio (29), y por último, Canopo, en la Nave, llamada *Ptolomæon* (30) por el escoliador de Germánico. Hállase tambien en el catálogo de Almagestas una estrella de 1.ª magnitud, Achernar (en árabe, *Achir-el-nahr)*, la última del rio Eridan, aunque esta estrella se encuentre situada á 9° bajo el horizonte de Alejandría. Tolomeo debe, pues, el conocimiento de esta estrella, á las relaciones de los navegantes que frecuentaban la parte austral del mar Rojo ó el mar de la Arabia, entre Ocelis y Muciris, una de las escalas del Malabar (31). Los progresos crecientes del arte náutico, permitieron á los modernos llevar sus investigaciones mas allá del Ecuador, siguiendo las costas occidentales del Africa. En 1484 Diego Cam, acompañado de Martin Behem; en 1487, Bartolomé Diaz; y en 1497, Vasco de Gama, llegaron al paralelo de 35° latitud Sud, en sus espediciones hácia las Indias orientales. Pero los primeros estudios que se hicieron sobre el cielo austral, las Nubes de Magallanes y los Sacos de Carbon, pertenecen á la época de Vicente Yañez Pinzon, Américo Vespucio y Andrea Corsali, entre 1500 y 1515, entonces pudo conocer Europa «las maravillas de un Cielo que no se vé nunca en el Mediterráneo.» Las medidas estelares propiamente dichas, empezaron mucho despues, hácia fines del siglo XVI y principios del XVII (32).

Si hoy es posible reconocer ciertas leyes en la distri-

bucion de las estrellas y en sus diferentes grados de condensacion, se debe á una feliz inspiracion de G. Herschell. En 1785 Herschell aplicó al estudio del Cielo su método de los marcos (en inglés, process of gauging the heavens, star-gauges), del cual se ha hablado en esta obra mas de una vez. Este método laborioso consistia en dirigir sucesivamente hácia diferentes regiones del Cielo un telescopio de 20 piés (6 metros), y en contar minuciosamente las estrellas que quedaban comprendidas en su campo. El diámetro del campo visual subtendia un ángulo de 15′, de modo que el telescopio abarcaba cada vez $^1/_{833,000}$ únicamente de la superficie del Cielo; así que esos marcos hubieran exigido ochenta y tres años de contínuos trabajos, segun observacion de Struve, si hubiera sido preciso hacerlos estensivos á toda la esfera (33). En las investigaciones de ese género donde se trata de estudiar el modo de distribucion de las estrellas, es necesario tener en cuenta órdenes de magnitud fotométrica á los cuales pertenecen esas estrellas. Si nos limitamos á las estrellas brillantes de los tres ó cuatro órdenes primeros, hállase en general que están repartidas con bastante uniformidad (34). Sin embargo, parecen mas condensadas localmente en el hemisferio austral desde ε de Orion hasta α de la Cruz. Allí, forman una zona resplandeciente que sigue la direccion de un gran círculo de la esfera. Los viajeros están poco conformes en los juicios que hacen acerca de la belleza relativa del cielo austral y del cielo boreal; sus divergencias dependen lo mas frecuentemente, segun mi juicio, de que muchos observadores han visitado las regiones del Sud durante una estacion donde las mas bellas constelaciones pasan por el punto mas alto del horizonte de dia. Resulta de las medidas ejecutadas por los dos Herschell en la bóveda entera del Cielo, que las estrellas comprendidas entre las magnitudes 5.ª y 10.ª, ó tambien en

la 15ª, estrellas en su mayor parte telescópicas, parecen tanto mas condensadas, cuanto mas próximas están de la Via láctea (ὁ γαλαξίας κύκλος). Habria, pues, sobre la esfera en tal caso un ecuador de riqueza estelar y polos de pobreza estelar, si se nos permite la frase. Coincidiendo el primero con la direccion general de la Via láctea, la intensidad de la luz estelar llega á su mínimum hácia los polos del *círculo galáctico*; crece rápidamente á partir de esos polos, y en todos sentidos, á medida que la misma distancia polar galáctica va aumentándose.

Struve ha sometido á una profunda discusion los materiales suministrados por los marcos conocidos en la actualidad. Halla por resultado definitivo de su trabajo, que hay por término medio en la Via láctea 30 veces mas estrellas (con mas exactitud, 29, 4 veces), que en las regiones de los polos galácticos. Para distancias en el polo Norte de la Via láctea espresadas por 0°, 30°, 60°, 75° y 90°, la riqueza en estrellas está representada por 4, 15; 6, 52; 17, 68; 30, 30; 122, 00. Esos números indican tambien cuántas estrellas haria ver en esas diferentes regiones un telescopio de 20 pies, cuyo campo tuviese 15′ de diámetro. Por ambos lados de la Via láctea la distribucion de las estrellas parece seguir casi las mismas leyes; sin embargo, la riqueza estelar absoluta es un poco mayor del lado del Sud (35); bajo este respecto el cielo austral tiene aun mas en la region opuesta.

Habia yo rogado al capitan de ingenieros Schwinck que examinase cómo las 12,148 estrellas (de la 1.ª á la 7.ª magnitud) cuyas posiciones ha fijado en su *Mappa cœlestis*, se distribuyen entre las diferentes horas de ascension recta; véanse los resultados que se me comunicaron:

De	3ʰ 20ᵐ á 9ʰ 20ᵐ	de ascension recta,	número de estrellas	3147
	9ʰ 20ᵐ á 15ʰ 20ᵐ	—	—	—	—	2627
	15ʰ 20ᵐ á 21ʰ 20ᵐ	—	—	—	—	3523
	21ʰ 20ᵐ á 3ʰ 20ᵐ	—	—	—	—	2851

Esos cuatro grupos concuerdan con los resultados todavía mas exactos de los *Estudios estelares* de Struve. Segun éste, los máximos caen, para las estrellas de 1.ª y de 9.ª magnitud, á 6^h 40^m y 18^h 40^m; los mínimos á 1^h 30^m y 13^h 30^m de ascension recta (36).

Si se quiere tener idea de la estructura del Universo, y de la posicion ó del espesor de las capas estelares, es esencial distinguir entre los innumerables astros que brillan en el firmamento, las estrellas diseminadas esporádicamente, de las que forman grupos independientes donde su condensacion sigue leyes particulares. Esos grupos son *constelaciones*, que contienen con frecuencia millares de estrellas telescópicas ligadas entre sí por una dependencia evidente, y aparecen á simple vista bajo forma de nebulosas redondeadas, de un resplandor y de aspecto cometario. Tales son las estrellas nebulosas de Eratostenes (37) y de Tolomeo, las *nebulosas* de las tablas Alfonsinas de 1252, y las que, segun Galileo, «sicut areolæ sparsim per æthera subfulgent.»

Esos grupos de estrellas á su vez, pueden estar aislados en el Cielo, ó reunidos y como enclavados en ciertas regiones, tales como la Via láctea ó las nubes de Magallanes. La region mas rica en grupos globulares (*globular clusters*), pertenece á la Via láctea, de la cual forma la parte mas importante. Encuéntrase en el cielo austral (38), entre la Corona austral, el Sagitario, la cola de Escorpion y el Altar, es decir, entre 16^h 45^m y 19^h de ascension recta. Pero los grupos que se hallan en el interior ó en la proximidad de la Via láctea, no son todos redondos ó esféricos, sino que se hallan muchos cuyos contornos son irregulares, y entonces contienen menos estrellas, y su condensacion central está menos acentuada. En un gran número de grupos globulares, las estrellas son todas de igual magnitud; en otros, son muy desiguales. Alguna

vez hay en el centro una bella estreja roja (39), como en el grupo situado á 2^h 10^m de ascension recta, y 56° 21′ de declinacion boreal. ¿Cómo pueden sostenerse esos sistemas aislados? ¿Cómo los soles que hormiguean en el interior de esos mundos pueden realizar sus revoluciones libremente y sin choques? Este es ciertamente uno de los mas difíciles problemas que puede abordar la dinámica. Apenas si se distinguen las nebulosas de los grupos estelares, puesto que se las considera como formadas de estrellas, aunque de estrellas mas pequeñas ó mucho mas apartadas de nosotros. Sin embargo, las nebulosas parecen seguir en su distribucion leyes particulares. El conocimiento de esas leyes dará por resultado modificar profundamente nuestras ideas acerca de lo que se llama con tanto atrevimiento la estructura del Universo. Citemos únicamente aquí un hecho muy notable: á paridad de aumento y de abertura del telescopio, las nebulosas *redondas* son resolubles con mas facilidad en estrellas que las nebulosas *ovales* (40).

Señalaremos á continuacion algunos de esos grupos estelares que forman sistemas aislados, verdaderas islas en el Océano de los mundos.

Las Pleyadas, conocidas desde la mas remota antigüedad y de los pueblos mas atrasados. Era esta la constelacion de los navegantes: Pleias, ἀπὸ τοί πγεῖν, como dice el antiguo escoliador de Arato. Esta etimología es mas exacta que la de los escritores mas modernos que la deducen de πλεος, pluralidad. En el Mediterráneo, la navegacion duraba desde mayo hasta primeros de noviembre; es decir, desde el nacimiento heliaco hasta la puesta heliaca de las Pleyadas.

El Pesebre, en Cáncer: Nubecula quam Præsapia vocant inter Asellos, como decia Plinio, un νεφέλιον de Eratóstenes.

El grupo que se encuentra en el puño de la espada de Perseo: los astrónomos griegos lo mencionan con mucha frecuencia.

La Cabellera de Berenice, perceptible á simple vista, igualmente que los tres grupos que anteceden.

Un grupo situado cerca de Arturo (n.° 1,663), á las 13^h 34^m 12 de

ascension recta, y 29° 14′ de declinacion: contiene mas de mil pequeñas estrellas de 10.ª á 12.ª magnitud.

Grupo colocado entre η y ζ de Hércules, perceptible á simple vista durante las noches serenas; un magnífico objeto visto con ayuda de un telescopio poderoso (n.° 1,968); está franjeado por los bordes de prolongaciones bastante singulares, AR. 16h 35m 37s declinacion 3° 47′; descrito por primera vez en 1714, por Halley.

Grupo situado cerca de ω del Centauro, descrito por Halley desde 1677: aparece á simple vista como una mancha redonda de aspecto cometario, casi tan brillante como una estrella de 4.ª á 5.ª magnitud. Por medio de poderosos telescopios se le descompone en pequeñas estrellas de 13.ª á 15.ª magnitud, condensadas muy fuertemente hácia el centro; AR. 13h 16m 38s, declinacion 45° 35′; es el número 3,504 del catálogo de las nebulosas del cielo austral de Juan Herschell; tiene 15′ de diámetro. (*Viaje al Cabo*, pág. 21 y 105; *Outlines of Astr.*, p. 595).

Grupo vecino de κ de la Cruz del Sud (n.° 3,435), compuesto de estrellas multicolores de 12.ª á 16.ª magnitud. Esas estrellas están distribuidas en un área de $^1/_{48}$ de grado cuadrado. Es una nebulosa de Lacaille, y ha sido tan completamente resuelta por Juan Herschell, que no dejaba señales de nebulosidad. La estrella central es absolutamente roja. (*Viaje al Cabo*, pág. 17 y 102, lám. I, fig. 2).

El grupo 47 del Tucan, de Bode, n.° 2,322 del Catálogo de Juan Herschell, uno de los objetos mas maravillosos del cielo austral. Cuando yo llegué por primera vez al Perú y ví este grupo mas elevado sobre el horizonte, lo tomé en un principio por un cometa. Tiene 15 ó 20′ de diámetro, y aun cuando está situado cerca de la nube pequeña de Magallanes, de perceptibilidad á simple vista, está favorecido singularmente por su situacion en un espacio enteramente sin estrellas. Es en su interior de un color de rosa pálida, rodeado de un ribete blanco concéntrico y formado de estrellas iguales de 14.ª á 16.ª magnitud. Presenta, por otra parte, todos los signos característicos de la forma globular ó esférica (41).

La Nebulosa de Andrómeda, cerca de ν de esta constelacion. La resolucion en estrellas de ésta célebre nebulosa es uno de los descubrimientos mas notables que se han hecho en nuestra época en la astronomía sideral. Este descubrimiento se debe á Jorge Bond (42), agregado al Observatorio de Cambridge en los Estados-Unidos, y fué hecho en marzo de 1848; acredita toda la fuerza óptica del anteojo de este establecimiento (su objetivo es de 38 centímetros de diámetro), porque un escelente telescopio cuyo espejo no tenia menos de 49 centímetros de diámetro, «no daba á conocer una sola estrella en esta nebulosa» (43), y e anteojo de Cambridge deja ver mas de 1,500. Quizás la constelacion de Andrómeda fué conocida desde fines del siglo X, como una nebulosa de

forma oval; es cierto cuando menos que Simon Mario ó Mayer, de Guntzenhausen, al cual se debe la observacion de los cambios de color que acompañan al centelleo (44), ha señalado esta constelacion el 15 de Diciembre de 1612, como un nuevo astro singular falto de estrellas y desconocido de Ticho, dando tambien su primera descripcion detallada. Cincuenta años despues, Bouillaud, autor de la *Astronomia Philoláica*, se ocupó del mismo asunto. Lo que presta á este grupo, cuya longitud es de 2° 1/2 y su latitud de mas de 1°, su carácter enteramente particular, son dos bandas negras muy estrechas que atraviesan como grietas la figura entera paralelamente á su eje mayor. Esta configuracion observada por Bond, recuerda la hendidura longitudinal que atraviesa igualmente una nebulosa no resuelta del hemisferio austral, el número 3,501, cuya descripcion y dibujo ha dado Herschell en su *Viaje al Cabo*, páginas 20 y 105, lámina IV, fig. 2.

De intento omito la gran nebulosa de Orion en esa eleccion de notables constelaciones, á pesar de los importantes descubrimientos que Rosse ha hecho sobre la misma con su telescopio gigante, porque he creido mas conveniente llevar al capítulo de las nebulosas, la descripcion de las *resueltas* actualmente en la constelacion de Orion.

La mayor acumulacion de constelaciones, no de nebulosas, se encuentra en la Via láctea (45), (*Galaxias*, el Rio celeste de los Arabes) (46), que forma casi un gran círculo de la esfera inclinada hácia el ecuador bajo un ángulo de 63°. El polo norte de la Via láctea se encuentra á 12^h 47^m de ascension recta y 27° de declinacion boreal, y su polo sud á 0^h 47^m de ascension recta y 27° de declinacion austral. Se vé que el polo boreal de la Via láctea está situado cerca de la cabellera de Berenice y que su polo austral cae entre el Fénix y la Ballena. Si es natural referir los lugares de los planetas á la eclíptica, es decir, al gran círculo de la esfera que el Sol describe en su carrera anual, no lo es menos referir el conjunto de las configuraciones estelares al gran círculo de la Via láctea; sobre todo, cuando se trata de buscar el modo segun el cual se agrupan y se acumulan las estrellas en las diferentes regiones

de la bóveda celeste. En ese sentido, la Via láctea representa el mismo papel en el universo sideral que la eclíptica en nuestro mundo planetario. Corta al ecuador en dos puntos; el primero está situado entre Procion y Sirio, á 6^h 54^m de ascension recta; el segundo punto se halla hácia la mano izquierda de Antinoo á 19^h 15^m de ascension recta (en 1800). La Via láctea divide, pues, la esfera celeste en dos partes algo desiguales, cuyas superficies están en la razon de 8 á 9. El punto equinoccial de la primavera se encuentra en la menor. La latitud de la Via láctea es muy variable (47). La parte mas estrecha y tambien la mas brillante, tiene solamente 3 ó 4° de latitud y se encuentra entre la proa de la Nave y la Cruz. Por otros lados dicha latitud toca en los 16° y aun en los 22°, por ejemplo, entre el Serpentario y Antinoo: cierto es que esta parte está dividida en dos ramas (48). G. Herschell ha notado que en muchos sitios la Via láctea aumenta su latitud en 6° ó 7°, segun sus marcos, mas de lo que á simple vista parece cuando se la juzga únicamente por el efecto de su resplandor estelar (49).

La blancura lactescente de esta zona se ha atribuido largo tiempo á la presencia de una nebulosidad general no resoluble. Huyghens llegó á esta idea ya en 1656, estudiando la Via láctea con un anteojo de 7^m, 5. Pero solo mas tarde, empleando toda la fuerza óptica de los mayores telescopios, ha podido demostrarse que este resplandor general no debia ser atribuido á la presencia de algunas raras nebulosas, sino mas bien á estratos de estrellas acumuladas en la misma region. Esta es la justificacion de las ideas que Demócrito y Manilio se habian formado en otro tiempo acerca de «la Via seguida por Faeton.» Allí donde la Via láctea ha sido descompuesta en estrellas, háselas visto «proyectarse sobre un fondo negro enteramente desprendido de toda nebulosidad». Debemos añadir, que el

resplandor general de la Via láctea es por todas partes el mismo (50).

Un carácter general y muy notable de a Via láctea es el de que los grupos globulares y las nebulosas ovaladas, de forma regular, están esparcidas de trecho en trecho (51); mientras que se las encuentra en gran número á grandes distancias de la Via láctea y tambien en las nubes de Magallanes. En esas nubes las estrellas aisladas, los grupos globulares, en todos los estados posibles de condensacion interior, y las manchas nebulosas ovales ó irregulares, están abundantemente mezcladas entre sí. Sin embargo, una parte de la Via láctea se esceptúa de esta regla, puesto que se hallan grupos numerosos de forma esférica en la region comprendida entre $16^h\,45^m$, y $18^h\,44^m$ de ascension recta; es decir, entre el Altar, la Corona austral, la cabeza y el cuerpo de Sagitario, y la cola de Escorpion. Vése tambien entre ε y θ del Escorpion una de estas nebulosas anulares tan raras en el cielo austral (52). En el campo de vision de los grandes telescopios (y bueno es recordar aquí que los telescopios de Herschell de 20 y de 40 piés penetraban en el espacio hasta 900 y 2,800 veces la distancia de Sirio á la Tierra), se presentaba tan variada la Via láctea, en cuanto á su *constitucion sideral*, como poco regular es á simple vista en sus límites mal acusados. Si algunas regiones ostentan grandes espacios donde la luz está repartida de una manera uniforme, hay en seguida otras donde los espacios brillantes del resplandor mas intenso alternan con espacios pobres en estrellas, y dibujan en el Cielo enrejados iluminados de un modo irregular (53). Hállanse tambien en el interior de la Via láctea espacios oscuros en donde es imposible descubrir una sola estrella; ni siquiera de 18.ª ó 20.ª magnitud. A la vista de esas regiones absolutamente vacías no podría menos de convenirse en que el rayo visual ha penetrado realmente en el espacio atravesando el

espesor entero de la capa estelar que nos rodea. Las mismas irregularidades se manifiestan en los marcos: cuando estos presentan por término medio 40 ó 50 estrellas en la estension de un campo de vision de 15′ de diámetro, los marcos siguientes comprenden de ordinario diez veces mas. En ocasiones brillan en medio del polvo estelar mas fino estrellas de un resplandor superior, y faltan en su totalidad los órdenes de magnitud intermedia. Es preciso, sin embargo, notar aquí que las estrellas llamadas de órden inferior no son necesariamente las mas apartadas; sino que es posible que tengan un volúmen mas pequeño ó que la luz se desenvuelva en ellas con menor intensidad.

Para conocer bien el contraste que presentan las diferentes partes de la Via láctea, en cuanto al brillo y á la acumulacion de estrellas, es necesario comparar regiones muy apartadas unas de otras. El máximum de riqueza y de brillo estelar se halla entre la proa de la Nave y el Sagitario; ó hablando con mas exactitud, entre el Altar, la cola de Escorpion, la mano y el arco del Sagitario y el pié derecho del Serpentario. «Ninguna region del Cielo presenta tanto brillo y variedad, por la riqueza y el número de objetos que allí se encuentran reunidos (54).» La region de nuestro cielo boreal que mas se le aproxima está situada en el Aguila y en el Cisne, hácia el punto de division de la via láctea. El mínimum de brillo se encuentra en los alrededores de la Licornia y de Perseo, y el mínimum de latitud bajo el pié de la Cruz.

Una circunstancia digna de notarse aumenta todavía la magnificencia de la Via láctea, en el hemisferio austral; y es la de estar cortada bajo un ángulo de 20° próximamente, entre los paralelos de 59° y de 60°, por la zona estelar donde se encuentran las estrellas mas brillantes, é indudablemente tambien las mas próximas á nosotros; zona á la cual pertenecen Orion, el Gran Perro, Escorpion, el

Centauro y la Cruz. Un arco de círculo máximo al pasar por ι de Orion y el pié de la Cruz, dibuja bastante bien la direccion de esta zona notable, cuya interseccion con la Via láctea cae entre α de la Cruz y η de Argos, tan célebre por su variabilidad. El efecto verdaderamente pintoresco de la Via láctea se aumenta todavía mas por las diferentes ramificaciones que presenta en los $^3/_5$ de su trayecto. La bifurcacion principal tiene lugar cerca de α del Centauro, segun Herschell (55), y no cerca de β del Centauro, como indican nuestros mapas celestes, ni cerca del Altar como quiere Tolomeo (56). Las dos grandes ramas se reunen en la constelacion del Cisne.

Para abarcar en su conjunto el curso entero de la Via láctea y sus ramificaciones, pasaremos rápida revista á sus diferentes partes, siguiendo el órden de las ascensiones rectas. Pasa por γ y ε de Casiopea, dirige al Sud, hácia ε de Perseo, un brazo que se pierde cerca de las Pléyadas y de las Hyadas; atraviesa débil todavía y poco brillante, las Cabrillas (Hædi) en la mano del Cochero, los piés de Géminis, los cuernos de Tauro, corta la eclíptica en el punto solsticial de estío, cubre la maza de Orion y atraviesa el ecuador hácia el cuello de Licornia á las $6^h 54^m$ de ascension recta (en 1800). A partir de ese punto su brillo aumenta notablemente. Detrás de la Nave emite una rama hácia el Sud hasta la γ de Argos, donde esta rama desaparece bruscamente. La principal continúa hasta los 33° de declinacion austral; allí se abre en forma de abanico hácia los 20° de estension, despues vuelve á interrumpirse y deja un largo espacio vacío, siguiendo la línea que une γ y λ de Argos. En seguida vuelve á recobrar la misma estension, pero estrechándose hácia las patas traseras del Centauro. En la Cruz del Sud, donde llega á su mínimum de estension, tiene solo de 3 á 4°. Un poco mas allá se estiende de nuevo y se trasforma en una masa mas bri-

llante, en donde están comprendidas la β de Centauro, α y β de la Cruz, como tambien el espacio oscuro en forma de pera, que toma el nombre de *Saco de Carbon*, y del cual hablaré muy pronto en el capítulo VII. En direccion á esta region notable, un poco mas abajo del Saco de Carbon, es donde la Via láctea se aproxima mas al polo austral.

Como ya he dicho antes, divídese cerca de la α del Centauro, y su bifurcacion se sostiene, segun las antiguas descripciones, hasta la constelacion del Cisne. Partiendo de la α del Centauro, se ve desde luego dirigirse hácia el Norte una estrecha rama que se pierde hácia el Lobo. Despues se manifiesta una division en el Compás cerca de γ de la Regla. La rama septentrional presenta formas irregulares hasta los pies del Serpentario; allí se desvanece por completo. La rama meridional llega á ser entonces la rama principal, atraviesa el Altar y la cola de Escorpion, dirigiéndose hácia el Arco de Sagitario, y corta la eclíptica á los 276° de longitud. Reconócesela mas lejos corriendo á través del Aguila, la Flecha y el Zorro hasta el Cisne, pero bajo una forma accidentada é interrumpida á trechos. En este sitio comienza una region en estremo irregular; vése en ella y entre ε, α y γ del Cisne, un largo sitio oscuro que Juan Herschell compara al Saco de Carbon de la Cruz del Sud (57), y que forma una especie de centro de donde divergen tres corrientes parciales. Es fácil de seguir la mas brillante si se pasa mas allá de la β del Cisne y ς del Aguila; pero no llega á reunirse con la rama de que se ha hecho mencion antes, la cual se estiende hasta el pie de Ofiuco. Una parte mas considerable de la Via láctea sale ademas de la cabeza de Cefea, es decir, de cerca de Casiopea, punto de partida de toda esta descripcion, y se dirige hácia la Osa menor ó el polo Norte.

Los progresos estraordinarios que en el estudio de la Via láctea se deben al empleo de los grandes telescopios, han

hecho que al conocimiento puramente descriptivo ú óptico de esta parte del Cielo, sigan cálculos mas ó menos afortunados acerca de su constitucion física. Tomas Wright (58), Kant, Lambert y G. Herschell mismo, no veian en esta inmensa acumulacion de estrellas mas que la simple perspectiva de un estrato estelar aplanado y mas ó menos regular, en el fondo del cual estaria en este caso colocado nuestro sistema solar. En cuanto á la hipótesis opuesta, la de la igual magnitud de las estrellas y de su uniforme distribucion en el espacio, todo concurre hoy á destruirla. Sin embargo, G. Herschell en sus últimos trabajos ha concluido por modificar su primera idea; en vez de una inmensa capa de estrellas, este hábil y atrevido escrutador de los Cielos ha preferido admitir en definitiva la hipótesis de un vasto anillo estelar, que habia sin embargo combatido en su bella Memoria de 1784 (59). Las últimas observaciones parecen decidirse en favor de un sistema de anillos concéntricos de espesores muy desiguales, y cuyas diferentes capas mas ó menos luminosas para nosotros estarian en tal caso colocadas á diversas profundidades en el espacio. Pero el brillo relativo de esas pequeñas estrellas comprendidas entre la 10.ª y la 16.ª magnitud, no bastaria aquí para darnos la medida de su distancia; es imposible, pues, deducir nada satisfactorio en cuanto á la evaluacion numérica del radio de las esferas á que esas estrellas pertenecen (60).

En muchas regiones de la Via láctea la fuerza de penetracion de nuestros instrumentos ópticos basta para resolver las nubes estelares en toda su estension, y hacer ver los puntos luminosos sobre el fondo vacío y negro de los espacios infinitos. Puede decirse entonces que la vida penetra libremente en el espacio. «It leads us,» dice Juan Herschell, «irresistibly to the conclusion that in these regions we see *fairly through* the starry stratum (61).» En ciertas regiones, la Via láctea se abre paso por sus hiatos ó

sus aberturas; en otras, ha permanecido impenetrable (fathomles insondable), aun para el célebre telescopio de 40 pies (62).

La teoría actual del sistema de los anillos galacticos, y la determinacion de lo que atrevidamente se llama «el lugar del Sol en este sistema,» se deben en gran parte á los recientes trabajos de Juan Herschell en el hemisferio austral. Para obtener estos resultados, cuya verosimilitud é interés sobre todo no se pueden desconocer, ha estudiado la distribucion de la luz estelar en las diferentes regiones de la Vía láctea, y los órdenes de magnitud de las estrellas que se acumulan mas y mas á partir de los polos galácticos, acumulacion que ha sido comprobada en un espacio de 30° por ambos lados de la Via láctea para las estrellas inferiores á la 11.ª magnitud (63), y por consiguiente para los $^{16}/_{17}$ de la totalidad de las estrellas. El sitio que se ha asignado de esta manera al Sol es escéntrico; colócasele sobre la línea de interseccion de una de las capas secundarias con el plano del anillo principal (64), en una de las regiones mas vacías, mas cerca de la Cruz del Sud que de la region donde se encuentra el nudo opuesto de la Via láctea (65). «La profundidad á que se ha colocado nuestro sistema solar en la capa de estrellas que forma la Via láctea, debe, pues, ser igual á la distancia de las estrellas de 9.ª á 10.ª magnitud, y de ningun modo á la de las estrellas de 11.ª magnitud, contándose esta profundidad á partir de la superficie meridional del estrato estelar (66).» Pero allí donde las medidas directas llegan á ser imposibles por la naturaleza misma del problema, el entendimiento humano, aun presintiendo la verdad no llega sin embargo á recoger mas que un incierto resplandor.

IV.

ESTRELLAS NUEVAS.—ESTRELLAS CAMBIANTES EN PERÍODOS YA DETERMINADOS.—ASTROS CUYO BRILLO SUFRE VARIACIONES PERO CUYA PERIODICIDAD NO HA SIDO RECONOCIDA AUN.

Estrellas nuevas.—La aparicion de una nueva estrella ha escitado siempre el asombro, sobre todo cuando el fenómeno ha sido repentino, y cuando la estrella era de primera magnitud y de fuerte centelleo. Es, en efecto, este fenomeno lo que justamente podria llamarse un acontecimiento en el Universo. Lo que hasta entonces habia permanecido oculto á nuestras miradas, se hace visible y revela de repente su existencia. La sorpresa, por otra parte, es tanto mas viva, cuanto que semejantes acontecimientos se presentan rara vez en la Naturaleza. Desde el siglo XVI al XIX, los habitantes del hemisferio boreal han apercibido á simple vista 42 cometas, es decir, 14 cometas por término medio cada siglo; mientras que solo han presenciado 8 apariciones de estrellas nuevas en el mismo espacio de tiempo. Su rareza es mucho mas palpable si se cuentan períodos mas largos. Desde la época importante de la historia de la Astronomía, en que las tablas Alfonsinas fueron terminadas, hasta la de G. Herschell, de 1252 á 1800, hánse contado próximamente 63 cometas no telescópicos y solamente 9 estrellas nuevas. En este período, pues, en que

la civilizacion europea permite una atencion científica suficientemente sostenida, la relacion de las estrellas nuevas con los cometas visibles es la de 1 á 7. Haremos ver bien pronto, que si se distinguen con cuidado en el catálogo chino de Ma-tuan-lin, las estrellas nuevas de los cometas desprovistos de cola, y si se remonta, con ayuda de esta preciosa coleccion hasta el año 150 antes de nuestra era, apenas se hallan en 2,000 años, 20 á 22 apariciones de estrellas cuya realidad pueda garantirse.

Antes de pasar á las consideraciones generales, conviene que nos detengamos un momento en un caso particular, estudiando en los escritos de un testigo presencial, la viva impresion que puede causar el inesperado aspecto de un fenómeno de este género. «Cuando abandone la Alemania para volver de nuevo á las islas danesas, dice Ticho-Brahe, me detuve (ut aulicæ vitæ fastidium lenirem) en el antiguo convento admirablemente situado de Herritz waldt, perteneciente á mi tio Stenon Bille, y allí adquirí la costumbre de permanecer en mi laboratorio químico hasta el caer de la noche. Una tarde que consideraba, como de ordinario, la bóveda celeste cuyo aspecto me es tan familiar, ví con asombro indecible cerca del zénit, en Casiopea, una radiante estrella de magnitud estraordinaria. Para convencerme de que no era ilusion de mis sentidos y para recoger el testimonio de otras personas, hice salir á los obreros ocupados en mi laboratorio y les pregunté, como á todos los transeuntes, si veian como yo la estrella que acababa de aparecer de repente. Supe despues que en Alemania los cocheros y otras gentes del pueblo habian advertido á los astrónomos de una gran aparicion en el Cielo, lo que ha suministrado la ocasion de renovar las burlas acostumbradas contra los hombres de ciencia (como para los cometas cuya venida no habia sido predicha).

«La estrella nueva, continúa Ticho, estaba desprovista

de cola, no la rodeaba nebulosidad alguna; parecíase en todo á las demás estrellas, y únicamente centelleaba aun mas que las de primera magnitud. Su brillo escedia al de Sirio, la Lira y Júpiter. Solo podia compararse al de Vénus, cuando mas cerca está de la Tierra (entonces un cuarto de su superficie está únicamente iluminado para nosotros.) Las personas dotadas de buena vista podian distinguir esta estrella durante el dia, aun al medio dia, cuando el Cielo estaba sereno. Durante la noche y cerrado el Cielo, ocultas todas las demás estrellas, la nueva era visible muchas veces á través de nubes muy densas (nubes non admodum densas). Las distancias de esta estrella á otras de Casiopea, que he medido al año siguiente con especial cuidado, me han convencido de su completa inmovilidad. A partir del mes de Diciembre de 1572 empezó á disminuir su brillo; entonces era igual á Júpiter. En enero de 1573 llegó á ser menos brillante que Júpiter. Los resultados de mis comparaciones fotométricas son los siguientes: en Febrero y Marzo, igualdad con las estrellas de primer órden (stellarum affixarum primi honoris; Ticho no ha querido emplear jamás la espresion de Manilio, stellæ fixæ); en Abril y Mayo, brillo de las estrellas de 2.ª magnitud; en Julio y Agosto de 3.ª; en Octubre y Noviembre de 4.ª Hácia el mes de Noviembre, la estrella nueva no escedia á la 11.ª estrella en lo bajo del dosel del trono de Casiopea. El paso de la 5.ª á la 6.ª magnitud tuvo lugar desde Diciembre de 1573 á Febrero de 1574. El mes siguiente, la estrella nueva desapareció sin dejar rastro perceptible á simple vista, despues de haber brillado 17 meses.» El telescopio fué inventado 37 años despues.

Así, la estrella perdió su brillo de una manera sucesiva y perfectamente regular, sin presentar períodos de recrudescencia, como ha sucedido en nuestros dias con la η de Argos, estrella que no puede llamarse nueva seguramente.

El color cambiaba al mismo tiempo que el brillo, lo que dió lugar pasado algun tiempo, á una multitud de congeturas equivocadas acerca de la velocidad de propagacion de los diferentes rayos colorados. En los primeros tiempos de su aparicion, cuando igualaba en brillo á Vénus y á Júpiter, permaneció durante dos meses blanca; pasó enseguida á amarilla y despues á roja. Durante el invierno de 1573, Ticho la compara á Marte; luego la halla casi semejante á la espalda derecha de Orion (Beteigeuze). Sobre todo encontraba en ella cierta analogía con el color rojo de Aldébaran. En la primavera de 1573, principalmente hácia el mes de Mayo, reapareció el color blanquecino: «albedinem quamdam sublividam induebat, qualis Saturni stellæ subesse videtur». En Enero de 1574, continuó así de 5.ª magnitud y blanca, pero de una blancura menos pura, y centelleaba con una vivacidad estraordinaria dada su magnitud; por último, conservó las mismas apariencias hasta su total desaparicion ocurrida en Marzo de 1574.

Esos detalles circunstanciados (67) ponen de manifiesto la influencia que un fenómeno semejante debia ejercer en los espíritus de una época tan brillante para la Astronomía, y la importancia que se otorgaba ya á las problemas á que daba lugar. Como á pesar de la escasez de estrellas nuevas, se reprodujeron fenómenos de ese género 3 veces en 32 años, á los ojos de los astrónomos europeos, esos acontecimientos estraordinarios y reiterados escitaron en sumo grado el interés universal. Reconocióse mas y mas la importancia de los catálogos estelares, únicos que pueden dar el medio de examinar la novedad de la estrella. Discutióse su periodicidad posible (68), es decir su reaparicion despues de muchos siglos. Ticho adelantó de un modo atrevido una teoría acerca de la manera como se forman las estrellas á espensas de la materia cósmica, y su teoría es análoga á la de G. Herschell. Cree que esta materia celeste

está desde su principio en el estado de nebulosidad, y que llega á ser luminosa por su condensacion; y por último que se aglomera formando estrellas: «Cœli materiam tenuissimam, ubique nostro visui et Planetarum circuitibus perviam, in unum globum condensatum, stellam effingere». Esta materia cósmica estendida universalmente habria adquirido ya en este caso, cierto grado de condensacion en la Via láctea donde brilla con un dulce resplandor plateado. Esta es la causa por la que la estrella nueva se hallaba, como las que aparecieron en 945 y 1264, al borde mismo de la Via láctea «quo factum est quod nova stella in ipso Galaxiæ margine constiterit»; y aun se reconoce el sitio (hiato) que la materia de la Via láctea ha dejado vacío al condensarse (69). Esos cálculos recuerdan teorías que se desenvolvieron á principios del siglo XIX; la transformacion de la materia nebulosa en grupos estelares; la fuerza de concentracion que condensa poco á poco esta materia, dando vida á una estrella central, y todas esas hipótesis acerca de la marcha que sigue la materia nebulosa para formar globos sólidos. Esas ideas han reinado solo un instante: hoy son desechadas como dudosas. Tal es la suerte de las hipótesis en la eterna fluctuacion de las opiniones y de los sistemas.

Reuno aquí todas las apariciones de estrellas nuevas temporales sobre cuya certeza puede tenerse seguridad hasta cierto punto.

(a) 134 antes de J.-C. en el Escorpion.
(b) 123 despues de J.-C. en Ofiuco.
(c) 173 en el Centauro.
(d) 369 ?
(e) 386 en Sagitario.
(f) 389 en el Aguila.
(g) 393 en el Escorpion.
(h) 827 ? en el Escorpion.
(i) 945 entre Cefea y Casiopea.

(k) 1012 en Aries.
(l) 1203 en Escorpion.
(m) 1230 en Ofiuco.
(n) 1264 entre Cefea y Casiopea.
(o) 1572 en Casiopea.
(p) 1578.
(q) 1584 en el Escorpion.
(r) 1600 en el Cisne.
(s) 1604 en Ofiuco.
(t) 1609.
(u) 1670 en el Zorro.
(v) 1848 en Ofiuco.

ACLARACIONES.

(a) Primera aparicion, entre β y ρ del Escorpion, en Julio del año 134 antes de J.-C.; estracto de la Coleccion china de Ma-tuan-lin, traducida y arreglada por el sábio lingüista Eduardo Biot *(Conocimiento de los tiempos*, año 1846, p. 61). Hállase en este cátalogo la descripcion de las estrellas *estraordinarias* de un aspecto estraño, llamadas por los Chinos *estrellas huéspedes* (Ke-sing, estranjeros de una fisonomía particular). Estas estrellas se distinguen por los observadores mismos, de los cometas provistos de cola; pero las estrellas nuevas inmóviles están mezcladas con un cierto número de cometas sin cola y erraticos. No obstante, puede encontrarse un criterio importante, si no infalible, para distinguirlos, en la indicacion de un movimiento (Ke-sing, de 1092, 1181 y 1458) ó en la ausencia de toda indicacion de ese género, como en la fórmula: «el Ke-sing se ha disuelto» y ha desaparecido. Puede tenerse presente tambien que la cabeza de los cometas, con ó sin cola, brilla siempre con una luz débil y dulce y no centellea jamás; mientras que el brillo de las estrellas estraordinarias señaladas por los Chinos se compara al de Vénus, lo que no podria convenir en general á los cometas, y menos aun á los cometas sin cola. La estrella que apareció en el año 134 antes de J.-C. bajo la antigua dinastía de los Han, podia ser, segun Juan Herschell, la estrella nueva de que habla Plinio, la que indujo indudablemente á Hiparco á comenzar su catálogo. El dicho de Plinio ha sido tomado como fábula por Delambre *(Hist. de la Astr. ant.*, t. I, p. 290, é *Hist. de la Astr. mod.*, t. I, p. 186). Pero como Tolomeo afirma espresamente (*(Almag.* VII, 2, p. 13, ed. Halma) que el catálogo de Hiparco corresponde al año 128 antes de nuestra era, y como Hiparco hacia sus observaciones en Rodas y quizás tambien en Alejandría por los años 162 y 127 antes de J.-C., como ya he dicho en otro sitio, no puede oponerse nada á la asercion de Plinio ó

á la conjetura de Herschell. Puede muy bien creerse, con efecto, que el gran astrónomo de Nicea ha observado largo tiempo antes de la época en que se determinó á construir un catálogo de estrellas. La espresion de Plinio «suo ævo genita» se refiere evidentemente á la vida entera de Hiparco. Cuando la estrella de 1572 apareció (la de Ticho), disputóse largo tiempo acerca de si la estrella de Hiparco era tambien una estrella nueva ó un cometa sin cola. Ticho era de la primera opinion *(Progymn.*, p. 319-325). Las palabras «ejusque *motu* ad dubitationem adductus» podrian hacer pensar que se trataba de un cometa débil ó sin cola: pero el lenguaje algo falso de Plinio dá motivo á toda ambigüedad en la espresion.

(b) Aparicion señalada por los Chinos, en Diciembre del año 123 despues de nuestra era, entre α de Hércules y α de Ofiuco; coleccion de Ma-tuan-lin segun Ed. Biot. (Parece que debió haber todavia otra aparicion de una estrella nueva bajo Adriano, hácia el año 130).

(c) Estrella singular y muy grande, tomada de Ma-tuan-lin, así como las tres siguientes. Apareció el 10 de Diciembre de 173, entre α y β del Centauro, y desapareció ocho meses despues, luego de haber enseñado *los cinco colores uno en pos del otro*. Eduardo Biot dice *sucesivamente* en su traduccion; podria deducirse de esta espresion que esta estrella ha presentado en diferentes épocas una série de colores análogos á los de la estrella de Ticho; pero Juan Herschell cree que se trata solamente de un centelleo colorado (*Outlines*, p. 563): igual interpretacion á la que Arago ha dado á una espresion casi idéntica de Keplero respecto á la estrella nueva de 1604 en el Serpentario. (Arago, *Astr. pop.*, t. I, p. 426).

(d) Brilló desde el mes de Marzo hasta el de Agosto del año 369.

(e) Entre λ y φ del Sagitario. El catálogo chino indica tambien aquí espresamente el lugar «donde permanecia la estrella desde el mes de Abril hasta el de Julio de 386.» Estaba, pues, inmóvil.

(f) Estrella nueva cerca de α del Aguila; segun la relacion de Cuspiniano, testigo ocular, brillaba con el resplandor de Vénus, en tiempo del emperador Honorio; desapareció tres semanas despues sin dejar señal alguna (70).

(g) Marzo 393: tambien en el Escorpion, pero esta vez en la cola; tomada del catálogo de Ma-tuan-lin.

(h) El año 827 dudoso: es mas seguro decir en la primera mitad del siglo IX. Con efecto, hácia esta época, y bajo el reinado del califa Al-Mamun, dos célebres astrónomos árabes, Haly y Giafar Ben-Mohammed Albumazar, observaron en Babilonia una estrella nueva «cuya luz igualaba á la de la Luna en su primer cuadrante!» Este acontecimiento tuvo lugar tambien en el Escorpion: la estrella se desvaneció despues de un intervalo de cuatro meses.

(i) La aparicion de esta estrella en 945, bajo el emperador Oton el Grande, así como la del año 1264, se fundan únicamente en el testimonio

del astrónomo bohemio Cipriano Leovitio, que asegura haber tomado sus apuntes de una Crónica manuscrita. Este astrónomo hizo notar al propio tiempo que las dos apariciones de 945 y de 1264 tuvieron lugar entre Cefea y Casiopea muy cerca de la Via láctea, precisamente en el sitio donde la estrella de Ticho apareció en 1572. En los *Progymnasmata* (p. 331 y 709), Ticho es de la misma opinion de Cipriano Leovitio en contra de Pontano y Camerario que le atribuian el haber confundido cometas de largas colas con estrellas nuevas.

(k) Segun el testimonio de Hepidanno, monje de Saint Gall, muerto en 1088, y cuyos anales se estienden de 709 á 1044, apareció hácia fines de Mayo de 1012 una estrella nueva de una magnitud estraordinaria y de un brillo sorprendente (oculos verberans), en Aries, en el punto mas meridional del Cielo, y permaneció allí visible durante tres meses. Fué en su aparicion unas veces mayor, otras menor, llegando á desaparecer algun momento. «Nova stella apparuit insolitæ magnitudinis, aspectu fulgurans, et oculus verberans non sine terrore. Quæ mirum in modum aliquando contractior, aliquando diffusior, etiam extinguebatur interdum. Visa est autem per tres menses in intimis finibus Austri, ultra omnia signa quæ videntur in cœlo.» *Hepidanni Annales breves* en Duchesne, *Historiæ Francorum Scriptores*, t. III, 1641, p. 477; (V. tambien Schnurrer, *Chronik der Senchen*, 1.ª parte, p. 201). El manuscrito consultado por Duchesne y por Goldast coloca esta aparicion en 1012; pero segun recientes críticas históricas, es necesario preferir las indicaciones de otro manuscrito que está en desacuerdo frecuente con el primero y que retrasa, por ejemplo, todas las fechas en seis años. Coloca la aparicion de la estrella nueva en el año 1006 (V. *Annales Sangallenses majores* en Pertz, *Monumenta Germaniæ historica*, *Scriptorum*, t. I, 1826, p. 81). Nuevas investigaciones ponen en duda que haya escrito nunca Hepidanno. El singular fenómeno de la *variabilidad* ha sido llamado por Chladni la *combustion* y la *destruccion* de una estrella. Hind cree que la estrella de Hepidanno es idéntica á otra estrella nueva de Ma-tuan-lin, que debió ser vista en China en el mes de Febrero de 1011, entre σ y φ de Sagitario (*Notices of the R. Astr. Soc.*, t. VIII, 1848, p. 156). Pero entonces seria preciso que Ma-tuan-lin se hubiera equivocado á la vez en el año y en la constelacion donde hizo su aparicion la estrella.

(l) A fines de Julio de 1203, en la cola de Escorpion. «Estrella nueva de color azulado sin nebulosidad luminosa y semejante á Saturno,» segun los catálogos chinos. (Eduardo Biot, en *el Conocimiento de los tiempos*, 1846, p. 68.)

(*m*) Una observacion china tomada de Ma-tuan-lin, cuyo catálogo astronómico que contiene las posiciones bastante exactas de los cometas y de las estrellas, se remonta á 613 años antes de J. C., es decir, á la época de Thales y de la espedicion de Coleo de Samos. La nueva estre-

lla apareció hácia mediados de Diciembre de 1230, entre Ofiuco y la Serpiente. *Se desvaneció* á fines de Marzo de 1231.

(*n*) Estrella de que habla el astrónomo de Bohemia, Cypriano Leovitio (véase mas arriba (*i*) la estrella del año 945). En la misma época (Julio de 1264), apareció un gran cometa cuya cola abarcaba la mitad del Cielo, y que no pudo por consiguiente ser confundido con la estrella nueva que se presentó entre Cefea y Casiopea.

(*o*) La estrella de Ticho de 11 de Noviembre de 1572, en el trono de Casiopea; Asc. rec. = 3° 26′ Decli; = 63° 3′ (para 1800).

(*p*) En Febrero de 1578 segun Ma-tuan-lin. La constelacion no se ha indicado. Es necesario que el brillo de esta estrella haya sido muy estraordinario pues el catálogo chino, añade: «¡una estrella grande como el Sol!»

(*q*) El 1.° de Julio de 1584, cerca de π de Escorpion: observacion china.

(*r*) La estrella 34 del Cisne segun Bayer. Guillermo Janson, geógrafo notable que hizo algun tiempo sus observaciones bajo la direccion de Ticho, es el primero que fijó su atencion sobre esta nueva estrella, situada en el pecho del Cisne al principio del cuello; esto es al menos lo que prueba una inscripcion de su globo celeste. Keplero, falto de instrumentos desde la muerte de Ticho, é impedido ademas por sus viajes, no empezó á observarla hasta dos años despues, ni tuvo noticia de su existencia hasta esta epoca; circunstancia singular, porque la estrella era de 3.ª magnitud. «Cum mense Maio anni 1602, dice, primum litteris monerer de novo Cygni phœnomeno...» (Keplero, *de Stella nova tertii honoris in Cygno*, 1606, adicion á la obra *de Stella Nova in Serpent.*, p. 152, 154, 164 y 167). En ninguna parte del tratado de Keplero se halla que la estrella nueva del Cisne haya empezado por ser de 1.ª magnitud, por mas que así se tenga dicho con frecuencia en recientes escritos. Keplero la llama *parva Cygni stella*, y la clasifica siempre en la 3.ª magnitud. Colócala á los 300° 46′ de Asc. rec., y + 36° 52′ de Decl.; lo que da para 1800: 302° 36′ y + 37° 27′. La estrella disminuyó de brillo especialmente á partír de 1619, y acabó por desaparecer en 1621. Domingo Cassini la volvió á ver en 1655; llegó á la 3.ª magnitud y desaparecció de nuevo. (V. Jacobo Cassini, *Elem. de Astr.*, p. 69). Hevelio la observó otra vez en Noviembre de 1665; era entonces muy pequeña; aumentó despues, pero sin llegar en esta ocasion á la 3.ª magnitud. Entre 1677 y 1682 descendió á la 6.ª magnitud, y ha permanecido en el Cielo en este órden de brillo. Juan Herschell la cita en la lista de las estrellas cambiantes, pero no así Argelander.

(*s*) Despues de la estrella que se vió en 1572 en Casiopea, la mas célebre es la que apareció en 1604 en el Serpentario, á los 259° 42′ de Asc. rec., y 21° 15′ de Declin. austral (para 1800). A una como á otra

se une un gran nombre. La estrella nueva del pié derecho del Serpentario no fue descubierta en verdad por Keplero mismo, sino por su discípulo Juan Bruňowski, de Bohemia, el 10 de Octubre de 1604. «Escedia á las estrellas de 1.ª magnitud, y tambien á Júpiter y Saturno; pero era menos brillante que Venus.» Herlicio pretende haberla observado desde el 27 de Setiembre. Su brillo era menor que el de la estrella de Ticho en 1572; tampoco era tan visible en pleno dia como aquella; pero su centelleo era mucho mas vivo, y por esto especialmente escitaba la admiracion de los observadores. Como el centelleo va unido siempre al fenómeno de la dispersion de los colores, no sorprende que se haya hablado tanto de su luz coloreada y de sus contínuas variaciones. Arago (*Astronomia popular*, t. I, p. 414), ha hecho observar que la estrella de Keplero no ha presentado en modo alguno como la de Ticho variaciones permanentes de color, pasando sucesivamente y por un tiempo considerable del blanco al amarillo, del amarillo al rojo y del rojo al blanco. Keplero dice muy claramente que esta estrella parecia blanca cuando se elevaba sobre los vapores del horizonte. Si habla de los colores del Iris lo hace únicamente para pintar mejor el fenómeno de su centelleo coloreado. «Exemplo adamantis multanguli, qui Solis radios inter convertendum ad spectantium oculos variabili fulgore revibraret, colores Iridis (stella nova in Ophiucho) succesive vibratu *continuo* reciprocabat.» (*De Nova Stella Serpent.*, p. 5 y 125). A principios del mes de Enero de 1605, la estrella era mas brillante que Antarés, pero un poco menos que Arturo. A fines de Marzo del mismo año se hace de 3.ª magnitud. La proximidad al Sol interrumpió las observaciones durante cuatro meses. Desapareció sin dejar señal entre Febrero y Marzo de 1606. Ciertas observaciones bastante inexactas de Escipion Claramonti y del geógrafo Blaeu (Blaew) acerca de los cambios de posicion de la estrella nueva, apenas si merecen mencion, como consigna ya J. Cassini en sus *Elem. de Astron.*, p. 65; por otra parte, estaban en contradiccion con el trabajo de Keplero, mucho mas seguro. El catálogo chino de Ma-tuan-lin contiene una aparicion que por la fecha y posicion presenta alguna analogía con la de la estrella nueva del Serpentario. El 30 de Setiembre de 1604 se vió en China cerca de π de Escorpion una estrella de color naranjado «(¿del grosor de una bola?)». Brilló al Sud-oeste hasta el mes de Noviembre del mismo año, y entonces llegó á hacerse invisible. Reapareció en 14 de Enero de 1605, al Sud-este; pero llegó á oscurecerse mucho en Marzo de 1606. (*Conocimiento de los tiempos* para 1864, p. 59). El lugar designado aquí para π de Escorpion puede ser confundido fácilmente con el pié del Serpentario; pero las espresiones Sud-oeste y Sud-este, la reaparicion, y sobre todo la circunstancia de que no esta indicada ninguna desaparicion final, dan lugar á ciertas dudas sobre la identidad de los dos astros.

(*t*) Una nueva estrella de Ma-tuan-lin: magnitud considerable: vista al Sud-Oeste. No hay mas indicios.

(*u*) Estrella nueva descubierta el 20 de Junio de 1670 por el cartujo Anthelmo, en la cabeza del Zorro, muy cerca de β del Cisne. Asc. rec.= 294° 27′; Declin. = + 26° 47′. En un principio era de 3.ª magnitud únicamente; luego bajó hasta la 5.ª hácia el 10 de Agosto. Desapareció al fin de 3 meses para aparecer de nuevo el 17 de Marzo de 1671 con el brillo de una estrella de 4.ª magnitud. Domingo Cassini la observó asiduamente en Abril de 1671, y la encontraba de luz muy variable. Creyóse que se presentaria con el mismo brillo al cabo de un período de 10 meses; pero no fue así. Buscósela infructuosamente en Febrero de 1672. Hasta el 29 de Marzo del mismo año no apareció de nuevo, pero como de 6.ª magnitud; desde esa época no se la ha vuelto á ver. (Jacobo Cassini, *Elementos de Astronomia*, p. 69-71). Esta aparicion indujo á Domingo Cassini á rebuscar las estrellas que no habian todavía sido vistas (¡por él!). Creo haber encontrado 14 de 4.ª, 5.ª y 6.ª magnitud (8 en Casiopea, 2 en el Eridan y 4 cerca del polo boreal). Como no tenemos dato alguno acerca de esas estrellas, así como tampoco de las que ocuparon á Maraldi desde 1694 á 1709, debe considerárselas como mas que dudosas, y nos es imposible por lo tanto mencionarlas. (Jacobo Cassini, *Elementos d Astronomia,* p. 73-77); Delambre, *Hist. de la Astr. mod.*, t. II, p. 780).

(*v*) Desde la aparicion de la estrella nueva del Zorro, se pasaron 178 años sin que se presentase fenómeno alguno semejante; sin embargo, el Cielo habia sido esplorado cuidadosamente, durante este intervalo, merced al continuo empleo de los anteojos y á la construccion de catálogos estelares cada vez mas exactos. Por último, en 28 de Abril de 1848, descubrió Hind una estrella nueva en el observatorio particular de Bishop (South Villa, Regent's Park). Su estrella era de 5.ª magnitud, de colorojizo y situada en el Serpentario, á 16h 50m 59s de Asc. rect,; y 12°r 39′ 16″ de Declin. austral (para 1848). Nunca para ninguna otra estrella nueva se comprobaron con tanto cuidado y exactitud la novedad de la aparicion ó la invariabilidad de posicion. Hoy es (1850) de 11ª magnitud escasamente, y segun las asiduas observaciones de Lichtenberger, es probable que desaparezca totalmente dentro de muy poco. (*Notices of the Astr. Soc.*, t. VIII, p. 146 y 155-158).

Este cuadro de las estrellas nuevas que han aparecido y desaparecido durante 2,000 años, es quizás algo mas completo que los cuadros del mismo género publicados hasta el dia. De él se desprenden las observaciones siguientes. Tres clases de fenómenos deben distinguirse: las estre-

llas que aparecen súbitamente y desaparecen despues de un tiempo mas ó menos largo; aquellas cuyo brillo está sometido á variaciones periódicas determinadas desde luego, y las que como η de Argos aumentan de brillo, y presentan en seguida variaciones cuya luz desconocemos. La estrella nueva del año 1,600 (en el Cisne), que desapareció del todo, pero únicamente sin duda á simple vista, reapareciendo en seguida y quedando definitivamente como estrella de 6.ª magnitud, demuestra perfectamente la afinidad de los fenómenos de las dos primeras clases. Creíase ya en tiempo de Ticho que la estrella nueva de 1572 (en Casiopea) podria ser la misma que las de 945 y de 1264. Como los intervalos un poco inciertos quizás son de 319 y de 308 años, Goodricke supone un período de tres siglos; Keill y Pigott le redujeron á la mitad y formaron un período de 150 años. Pero Arago ha demostrado que la estrella de 1572 no podia ser colocada con certeza en el número de las estrellas periódicamente variables (71). Nada hasta aquí autoriza á considerar *todas* las estrellas nuevas como simples estrellas variables de largo período, que nos hubieran sido desconocidas por la longitud misma de éste. Si, por ejemplo, la luz propia de todos los soles del firmamento resulta del juego de las acciones electro-magnéticas en sus fotósferas, no es necesario recurrir á una condensacion local y temporal del éter, ni á la interposicion momentánea de las pretendidas nubes cósmicas, para esplicar las variaciones de esta luz, que esas variaciones sean por otra parte regulares ó no, que se reproduzcan en épocas determinadas ó que tengan lugar mas de una vez. Los fenómenos de luz que nacen de las acciones eléctricas en la superficie de nuestro propio globo, los relámpagos por ejemplo, ó las auroras boreales, ¿no enseñan en medio de numerosas irregularidades aparentes una cierta periodicidad dependiente de las estaciones, ó tambien de las horas del dia?

Otro tanto puede decirse de las pequeñas nubes que se forman con frecuencia muchos dias seguidos en un cielo sereno y siempre en los mismos sitios; prueba de esto las anomalías persistentes que se hallan en seguida en las observaciones astronómicas hechas en semejantes circunstancias.

Una de las particularidades mas interesantes á mi modò de ver en esos fenómenos, es que casi todas las estrellas nuevas aparecen con el mayor brillo, esceden desde luego á las estrellas de primera magnitud por la vivacidad de la luz y por la de centelleo; en una palabra, no se observa á simple vista llegar por grados al máximum de brillantez. Keplero daba tanta importancia á esta especie de criterio (72), que hacia de él argumento contra las aserciones de Policiano. Pretendia este último haber descubierto la estrella nueva del Serpentario (en 1604) mucho tiempo antes que Brunowski, y Keplero rebatia su reclamacion en los siguientes términos: «Apparuit nova stella parva, et postea de die in diem crescendo apparuit lumine non multo inferior Venere, superior Jove.» Esceptúanse solo de la regla tres estrellas, que han presentado un aumento de luz progresivo; son estas: la estrella de 3.ª magnitud de 1600 (en el Cisne), la de 1670 (en el Zorro), y la estrella nueva de Hind, en el Serpentario (en 1848).

Es muy de sentir que estos fenómenos hayan llegado á ser tan raros desde hace 178 años. Con efecto, solamente dos veces se han presentado durante este largo intervalo, á diferencia de la sucesion con que se habian concentrado, por decirlo así, en los siglos precedentes: 4 en 24 años, hácia fines del siglo IV; 3 en 61 años, en el XIII, y 6 en 37 años, hácia la época de Ticho y de Keplero, á fines del siglo XVI y principios del XVII. Entiéndase bien que cuento aquí las *estrellas estraordinarias* observadas por los chinos, porque al decir de los jueces competentes, la mayor parte de esas observaciones es digna de confianza. Verdad es que las

estrellas vistas en Europa no han sido siempre consignadas en la coleccion de Ma-tuan-lin; la de Ticho (1572) no está; y quizá tampoco la de Keplero (1604) podria identificarse con ninguna de las estrellas observadas en la China. No acierto á comprender la razon de esas discordancias; y ès muy difícil tambien hacerse cargo de ellas, como esplicar el por qué el gran fenómeno luminoso observado en China en el mes de febrero de 1570, no ha sido visto ni mencionado por los Europeos. En todos los casos no es la diferencia de las longitudes de los dos paises (114°) lo que podria esplicar esas contradicciones. Pero las personas acostumbradas á este género de investigaciones saben que la carencia de toda mencion histórica respecto de los acontecimientos políticos ó celestes, no prueba nada en contra de su existencia. Compárense, por otra parte, entre sí los tres catálogos comprendidos en la coleccion de Ma-tuan-lin, y se encontrarán en uno de ellos apariciones de cometas, por ejemplo los de 1385 y 1495, que no están trasladadas á los otros ó á uno de los otros.

Antiguos y modernos, Ticho y Keplero, como Juan Herschell é Hind, han hecho notar que la mayor parte de las estrellas nuevas aparecieron en el interior ó en los lados de la Via láctea. Los $^4/_5$ de esas estrellas observadas en Europa ó en China están en ese caso. ¿Es la Via láctea una sencilla agregacion de estrellas telescópicas, cuya reunion en estratos anulares le da la apariencia de una luz dulce y nebulosa? Entonces la idea de Ticho es falsa en un todo; no es posible representar las estrellas nuevas como simples formaciones llevadas á efecto ante nuestra vista á espensas de la materia cósmica. Indudablemente la gravitacion general se ejerce tambion en esas capas estelares, en ese grupo de estrellas mas ó menos condensadas, ó puede tambien figurarse un movimiento de rotacion alrededor de un centro comun; pero no se podria ir mas lejos sin caer en el domi-

nio de la indeterminacion y de los mitos astrognósicos. Entre las 21 estrellas nuevas citadas en la lista precedente, 5 pertenecen á Escorpion (134, 393, 827, 1,203, 1,584); 3 á Casiopea y á Cefea (945, 1,264, 1,572); 4 al Serpentario (123, 1,230, 1,604, 1,848). La de 1,012, la estrella del monje de Saint-Gall, apareció en una region muy apartada de la Via láctea, en Aries. Keplero ha citado tambien como una segunda escepcion de la regla general la estrella de la Ballena, que pasaba entonces por nueva, porque Fabricio, despues de haberla descubierto en 1,596, la habia visto desaparecer en el mes de octubre del mismo año (Keplero, *de Stella nova Serp.*, p. 112). Sucede generalmente que la frecuencia de esas apariciones en las mismas constelaciones, es decir, en ciertas direcciones determinadas por las estrellas de Escorpion por ejemplo, ó las de Casiopea, induce á creer que la produccion de esos fenómenos está favorecida por causas esencialmente locales.

La duracion mas corta de la incandescendencia de las estrellas nuevas se presentó en las apariciones de los años 389, 827 y 1012. La primera brilló 3 semanas, la segunda 1 mes, y la tercera se estinguió despues de 3 meses. Por el contrario, la estrella de Ticho duró 17 meses; la de Keplero (en 1600, en el Cisne) fué visible durante 21 años enteros. Reapareció en 1615 de 3.ª magnitud, como la primera vez, pero para fijarse siempre en la 6.ª magnitud. Sin embargo, Argelander no ha creido conveniente colocarlas en la clase de las estrellas periódicamente variables.

Estrellas que han desaparecido.—El estudio y la enumeracion exacta de esas estrellas, son de importancia para la investigacion de los pequeños planetas que existen probablemente en tan gran número en ciertas regiones de nuestro sistema planetario; pero á pesar de la exactitud con que se han registrado las posiciones de una multitud de estrellas telescópicas en los catálogos y mapas modernos,

es casi siempre difícil comprobar de un modo irrecusable que falta del Cielo una estrella desde una época determinada. Los mejores catálogos están plagados con frecuencia de faltas que provienen de la observacion, de los cálculos de reduccion y sobre todo de la impresion (73). Por otra parte, el hecho de que un astro desaparece del sitio en donde se le vió por primera vez, puede obedecer tambien lo mismo á un movimiento propio que á una debilitacion real de su luz. Aquellas cosas que no vemos no es que necesariamente desaparecen. La idea de una destruccion, de una combustion real en las estrellas, hechas invisibles, pertenece á la época de Ticho. Plinio mismo fija esta cuestion en un bello pasaje sobre Hiparco: «stellæ an obirent nascerenturve.» El juego eterno de las creaciones y de las destrucciones aparentes no conduce á un aniquilamiento de la materia; es solo una pura transicion hácia nuevas formas determinadas por la accion de fuerzas nuevas. Astros que han llegado á oscurecerse pueden llegar de repente á ser otra vez luminosos, por el juego renovado de las mismas acciones que habian desarrollado en ellos primitivamente la luz.

Estrellas periódicamente variables.—Puesto que todo está en movimiento en la bóveda celeste; puesto que todo cambia en el tiempo y en el espacio, la analogía nos lleva á admitir que si las estrellas consideradas en su conjunto poseen movimientos reales y de ninguna manera simples movimientos aparentes, del mismo modo sus superficies ó sus fotósferas pueden ser la base de variaciones reales de luz. Para el mayor número de estrellas, esas variaciones se reproducen periódicamente, pero en períodos escesivamente largos, indeterminados aun y quizá para siempre. Para el mas pequeño número, se producen esas variaciones no periódicas durante un tiempo mas ó menos corto, como por una súbita revolucion. No voy á ocuparme aquí de esta última clase de fenómenos, del que nos ha dado recien-

temente un ejemplo notable la estrella de la Nave; quiero hablar solo de las estrellas erráticas, cuyos períodos han sido reconocidos y medidos ya. Era esencial ante todo distinguir cuidadosamente tres grandes fenómenos de la naturaleza sideral, cuya conexion no ha podido todavía ser conocida, á saber: la periodicidad comprobada de ciertas estrellas variables; la aparicion de las estrellas nuevas; los cambios repentinos del brillo que presentan otras estrellas conocidas desde largo tiempo por haber conservado hasta entonces el mismo brillo uniforme. Esta es únicamente, segun he dicho, la primera clase de variaciones, de las que tenemos que ocuparnos aquí. Mira Ceti, estrella situada en el cuello de la Ballena, es la que ha ofrecido el primer ejemplo de esto exactamente observado (1638). Un pastor protestante de la Frisa oriental, David Fabricio, padre del astrónomo, al que se debe el descubrimiento de las manchas del Sol, habia ya notado esta estrella en 1596; el 13 de agosto le pareció que era de 3.ª magnitud, y la vió desaparecer en el mes de octubre del mismo año. Pero Juan Phocylides Holwarda, profesor de Franeker, fué el que descubrió 42 años despues las alternativas de brillo y de estincion, en una palabra, la variabilidad de esta estrella. Este descubrimiento fué seguido en el mismo siglo del de otras dos variables: β de Perseo (1669), descrita por Montanari, y χ del Cisne (1687), por Kirch.

Las irregularidades singulares que no se tardó en notar en los períodos, y el número creciente de las estrellas variables, dieron un gran interés á este estudio desde principios del siglo XIX. Considerando la dificultad del asunto; animado además de presentar en esta parte de mi obra los elementos numéricos de la variabilidad con toda la exactitud que requiere el estado actual de la ciencia, me he determinado á invocar la amistosa ayuda del astrónomo que mas ha tratado esta cuestion, y cuyos brillantes trabajos

han impulsado tanto el progreso en el estudio de las estrellas periódicamente variables. Los problemas y las dudas á que hayan podido dar lugar mis trabajos han sido sometidas con confianza á mi escelente amigo Argelander, director del observatorio de Bonn; á sus comunicaciones, completamente inéditas todavía, debo todo lo que sigue.

Las estrellas variables son rojas en su mayoría ó rojizas, pero no lo son todas. Por ejemplo, β de Perseo (Algol en la cabeza de Medusa), β de la Lira y ε del Cochero, son estrellas blancas; η del Aguila es un poco amarilla; ζ de Géminis lo es tambien, pero menos. Háse afirmado otras veces sin pruebas reales que ciertas estrellas variables, particularmente Mira de Ballena, son mas rojas cuando su brillo va decreciendo, que en el sentido inverso. En la estrella doble α de Hércules, la componente principal, roja segun G. Herschell, amarilla segun Struve, es una estrella variable; tiene por compañera una estrella de un azul subido que se ha creido igualmente variable, porque las evaluaciones de su magnitud presentaban notables divergencias (de la 5.ª á la 7.ª magnitud); pero esta opinion es muy problemática. Struve mismo dice únicamente: Suspicor minorem esse variabilem (74). La variabilidad no está unida en manera alguna al tinte rojo. Hay muchas estrellas rojizas, y tambien fuertemente rojas, como Arturo y Aldebaran, en las que no se ha podido descubrir el menor cambio de brillo. Todavía es muy dudoso el que se deba colocar entre las variables una estrella de Cefea, á la cual G. Herschell daba en 1782 el nombre de *estrella de granate*, por su color rojo, en estremo vivo. Es el número 7,582 del Catálogo de la Asociacion Británica.

Es difícil asignar exactamente el número de las estrellas periódicas, porque los períodos actualmente determinados no merecen todos igual confianza. Por ejemplo, las dos variables de Pegaso, α de la Hidra, ε del Cochero, α de

Casoipea no ofrecen la misma certeza que Mira de la Ballena, Algol y δ de Cefea. Si se trata, pues, de formar un cuadro de las estrellas periódicas, lo primero que se debe hacer es fijar el grado de exactitud que se cree necesario. Argelander hace subir solamente á 24 el número de los períodos actualmente conocidos, con una precision satisfactoria (75). Tal es tambien el número de estrellas inscritas en la lista que se verá mas adelante.

Así como el fenómeno de la variabilidad se encuentra á la vez en las estrellas rojas y en las blancas, así tambien parece afectar indistintamente diferentes órdenes de magnitud. Por ejemplo α de Orion es de 1.ª magnitud; Mira de la Ballena es de 2.ª, como α de la Hidra, α de Casiopea y β del Pegaso; β de Perseo es de 2.ª á 3.ª magnitud; η del Aguila y β de la Lira de 3.ª á 4.ª Hay tambien variables en las estrellas comprendidas entre la 6.ª y 9.ª magnitud y aun son allí mucho mas numerosas, como las variables de la Corona, de Virgo, Cáncer y Acuario. La estrella χ del Cisne presenta además grandes oscilaciones de brillo en su máximum.

Que los períodos de las estrellas variables sean muy irregulares cosa es que habíase reconocido hace mucho tiempo; pero que esas mismas irregularidades estén sometidas á ciertas leyes fijas, esto es lo que estableció Argelander de la manera mas irrecusable, y se propone probarlo en una detallada Memoria que prepara en estos momentos. Para χ del Cisne, admite hoy dos perturbaciones en el período: una de 100 y la otra de 8 $^1/_2$ períodos elementales; estas dos perturbaciones le parecen mas probables que una sola de 108 períodos. ¿A qué causa deben atribuirse esas perturbaciones? ¿Es preciso buscarla en la atmósfera propia de las estrellas mismas, ó en la revolucion de un satélite circulando alrededor de χ de Cisne como alrededor de un Sol y obrando por atraccion sobre su fotósfera? Cuestio-

nes son estas á las cuales no es posible responder todavía.

La estrella que presenta las mayores irregularidades en sus cambios de brillo es seguramente la variable del Escudo de Sobieski, porque esta estrella desciende á veces de la 5.4.ª magnitud á la 9.ª Segun Pigott, desapareció tambien completamente hácia fines del siglo último. En otras épocas sus oscilaciones quedaron limitadas entre la 6.5.ª y la 6.ª magnitud. El máximum de brillo de χ del Cisne varia entre la 6.7.ª y la 4.ª magnitud; el de Mira, entre la 4.ª y la 2.1.ª magnitud.

La variable δ de Cefea presenta en sus períodos una sorprendente regularidad, y escede bajo este respecto á todas las demás estrellas cambiantes, como lo prueban las observaciones de 87 mínima que tuvieron lugar el 10 de Octubre de 1840 y el 8 de Enero de 1848. Para ι del Cochero un infatigable observador, Heis, en Aquisgran, halla que las variaciones del máximum de brillo están comprendidas entre la 3.4.ª magnitud y la 4.2.ª

Mira, ú o de la Ballena presenta grandes diferencias en las épocas del movimiento de brillo. El 6 de Noviembre de 1779, por ejemplo, Mira era inferior apenas á Aldebaran; y mas de una vez ha escedido de la 2.ª magnitud. Pero en otras épocas no ha llegado á tener el brillo de δ de la Ballena (4.ª mag.). Su magnitud media es igual á la de γ de la Ballena (3.ª mag.). Si se designa por 0 el brillo de las últimas estrellas perceptibles á simple vista, y el de Aldebaran por 50, puede decirse que Mira, oscila hácia su máximum entre 20 y 47. Su brillo probable puede estar representado por 30; pero generalmente es inferior á este límite. Las últimas separaciones son por lo demás las mas sorprendentes. Hasta el presente no se han podido referir las oscilaciones de Mira á ningun período bien claro, solo puede sospecharse con razon un período de 40 años y un segundo período de 160 años.

De una á otra estrella, las duraciones de los cambios de brillo varian mucho; los estremos están en la relacion de 1 á 250. El período mas corto es sin duda alguna el de β de Perseo, cuya duracion es de 68 horas 49 minutos; á no ser que se confirme un período mas corto (menos de 2 dias) atribuido á la Polar. Despues de β de Perseo, vienen δ de Cefeo ($5^d\ 8^h\ 49^m$), η del Aguila ($7^d\ 4^h\ 14^m$), y ξ de Géminis ($10^d\ 3^h\ 35^m$). Los periodos mas largos son los de 30 de la Hidra de Hevelio (495^d), de χ del Cisne (406^d), de la variable de Acuario (388^d), de S de la Serpiente (367^d) y en fin, de Mira, ú ο de la Ballena (332^d). Para muchas variables está perfectamente establecido que el brillo aumenta con mas rapidez que decrece; fenómeno del cual presenta el mas notable ejemplo δ de Cefea. Para otras estrellas, por ejemplo β de la Lira, esas dos fases son de igual duracion. Esas relaciones presentan en sí mismas algunas veces anomalías en la misma estrella, pero en épocas distintas á la de sus variaciones. En general Mira aumenta, como δ de Cefea con mas rapidez que decrece; pero tambien se ha observado la inversa en la misma estrella.

En cuanto á los *períodos de períodos* pueden citarse Algol, Mira, β de la Lira y probablemente χ del Cisne que presentan muchos de aquellos con gran claridad. Hoy no cabe duda alguna acerca del decrecimiento progresivo de los períodos de Algol. Goodricke no se habia apercibido de ello; pero no podia escapar á Argelander que habia recopilado en 1842 mas de 100 buenas observaciones cuyos estremos abrazaban 58 años, es decir, 7,600 períodos (Schumacher's *Astron. Nachr.*, n.os 472 y 624). El descenso de la duracion es cada vez mas sensible en la actualidad (76). En cuanto al período de los máximos de brillo de Mira, Argelander ha discutido todas las observaciones, y comprende el máximum observado en 1596 por Fabricio, y ha deducido una fórmula por la cual todos los máximos están repre-

sentados con un error probable de 7 dias (en un largo período de 331^{d} 8^{h}). Este error probable seria de 15 dias si se adoptase un período constante (77).

El doble máximum y el doble mínimum que tienen lugar en cada período de β de la Lira (cerca de 13^{d}), habian sido ya señalados por Goodricke, á quien debemos el descubrimiento de esta estrella variable. Observaciones recientes han hecho desaparecer todas las dudas respecto de este asunto (78). Es muy notable el hecho de que la estrella en sus dos máxima tiene igual brillo, mientras que hácia el mínimum principal es de una magnitud mitad mas pequeña que en el segundo mínimo. Desde el descubrimiento de la variabilidad de β de la Lira, el *período en el período*, ha llegado á ser probablemente cada vez mayor. En un principio eran mas rápidos los cambios; despues fueron disminuyendo mas y mas hasta la época comprendida entre 1840 y 1844; entonces cesó el crecimiento de la duracion que llegó á ser sensiblemente constante. Hoy empieza con seguridad á decrecer. La variable δ de Cefea presenta alguna analogía con el doble máximum de la β de la Lira; porque el decrecimiento del brillo no sigue una marcha uniforme. Despues de una velocidad estremada se detiene un momento ó adquiere una velocidad mucho menor hasta un cierto instante á partir del cual el decrecimiento recobra su marcha con rapidez. Para ciertas estrellas, los fenómenos se presentan, con efecto, como si alguna causa impidiese á la luz elevarse con libertad á un segundo máximum de intensidad. En la χ del Cisne hay probablemente dos períodos de variabilidad: uno largo formado de 100 períodos secundarios, y otro de 8 $^1/_2$ períodos.

Es difícil de decir, aun de un modo general, si las estrellas variables en cortos períodos presentan mas regularidad que las estrellas de variaciones lentas. Las desviaciones relativas á un período constante no pueden ser presentadas

razonablemente en números absolutos: es necesario evaluarlas en partes del período mismo. Empecemos por las estrellas de períodos largos, tales como la χ del Cisne, Mira de la Ballena y 30 de la Hidra. Para la χ del Cisne el período mas probable es de 406,0634 dias, siguiendo la hipótesis de una variacion uniforme; las separaciones serán entonces de 39,4 dias. Descartando los errores de las observaciones, las separaciones serán entonces de 29, ó 30 dias, es decir $^1/_{14}$ del período entero. Con respecto á la Mira de la Ballena (79), un período constante de 331,340 dias, dá separaciones de $55^d,5$ aun dejando á un lado la observacion de David Fabricio. Si se redujeran estas separaciones á 40 dias, á fin de tener en cuenta los errores inevitables de la observacion, estos ascenderian entonces á $^1/_8$ del período, es decir al doble, en proporcion, de las separaciones relativas á la χ del Cisne. En fin, con respecto á la 30 de la Hidra, cuyo período es de 495 dias, las separaciones son aun mas considerables; llegan casi al $^1/_5$. Solo desde 1840 han sido observadas las estrellas variables de períodos muy cortos de una manera contínua y con toda la exactitud necesaria. El problema de que nos ocupamos es mas difícil cuando se trata de esta clase de estrellas en que sin embargo las separaciones parecen ser realmente menos considerables. Con respecto á la η del Aguila, cuyo período es de 7 dias y 4 horas, son solo de $^1/_{16}$ ó de $^1/_{17}$ del período entero; en la β de la Lira (período = 12 dias 21 horas) descienden á $^1/_{27}$ y á $^1/_{30}$. Pero estas investigaciones están aun espuestas á muchos errores. Hánse observado de 1,700 á 1,800 períodos de β de la Lira, 279 de Mira, 145 solo de la χ del Cisne.

Pudiérase preguntar ahora si las estrellas que han procedido largo tiempo por períodos regulares en sus variaciones pueden dejar de ser variables: la respuesta parece que debe ser negativa. Así como existen estrellas, cuyas varia-

ciones son ya débiles, ya mas marcadas, por ejemplo, la variable del Escudo de Sobieski, del mismo modo parece que existen estrellas cuyas variaciones son por momentos tan débiles, que se escapan á nuestros limitados medios de investigacion. Puéde contarse entre estas últimas, la variable de la Corona boreal (número 5,236 del *Catálogo de la Asociacion Británica)*, que descubrió Pigott y observó algun tiempo. Durante el invierno de 1795 á 1796 esta estrella habia quedado completamente invisible; mas tarde reapareció; sus variaciones fueron entonces observadas por Koch. En 1817 Harding y Westphal la encontraron una luz casi constante; en 1824 Olbers pudo observar de nuevo sus cambios de brillo. Las variaciones han cesado y esta última fase ha sido estudiada con cuidado por Argelander, desde el mes de agosto de 1843 hasta Setiembre de 1845. A fines de Setiembre la estrella volvió á empezar á disminuir. En Octubre ya no era visible en un investigador de cometas; reapareció en Febrero de 1846 y alcanzó su magnitud ordinaria (6.ª magnitud) hácia primeros de Junio. Desde esta época ha conservado el mismo brillo, hecha escepcion de pequeñas oscilaciones de que no existe gran certeza. La variable de Acuario pertenece á esta clase misteriosa de estrellas variables; quizá suceda lo mismo con la estrella de Janson y de Keplero (en el Cisne, en 1600), de que ya hemos hablado al tratar de las estrellas nuevas.

LISTA DE LAS ESTRELLAS VARIABLES

POR F. R. ARGELANDER.

NUMEROS.	NOMBRES DE LAS ESTRELLAS.	DURACION DEL PERÍODO.	BRILLO EN EL MÁXIMUM.	BRILLO EN EL MÍNIMUM.	NOMBRE DEL AUTOR Y FECHA DEL DESCUBRIMIENTO.	
		dias hs. m.	magnitud.	mag.		
1	o Ballena.........	331 20 —	4 á 2.1	0	Holwarda	1639
2	β Perseo.....	2. 20 49	2.3	4	Montanari	1669
3	χ Cisne...........	406 1 30	6.7 á 4	0	God. Kirch	1667
4	30 Hidra (Hèv.)..	495 — —	5 á 4	0	Maraldi	1704
5	Leo R. 420 M.	312 18 —	5	0	Koch	1782
6	η Aguila..........	7 4 14	3.4	5.4	E. Pigott	1784
7	β Lira............	12 21 45	3.4	4.5	Goodricke	1784
8	δ Cefea............	5 8 49	4.3	5.4	Goodricke	1784
9	α Hércules.......	66 8 —	3	3.4	G. Herschell	1795
10	Corona R......	323 — —	6	0	E. Pigott	1705
11	Escudo R......	71 17 —	6.5. á 5.4	9 á 6	E. Pigott	1795
12	Virgo R........	145 21 —	7 á 6.7	0	Harding	1809
13	Acuario R.....	388 13 —	9 á 6.7	0	Harding	1810
14	Serpiente R....	359 — —	6.7	0	Harding	1826
15	Serpiente S....	367 5 —	8 á 7.8	0	Harding	1828
16	Cangrejo R.....	380 — —	7	0	Sewherd	1829
17	α Casiopea.......	79 3 —	2	3.2	Birt	1831
18	α Orion...........	196 0 —	1	1.2	J. Herschell	1836
19	α Hidra...........	55 — —	2	2.3	J. Herschell	1837
20	ε Cochero........	?	3.4	4.5	Heis	1846
21	ζ Géminis........	10 3 35	4.3	5.4	Schmidt	1847
22	β Pegaso........	40 23 —	2	2.3	Schmidt	1848
23	Pegaso R......	350 — —	8	0	Hind	1848
24	Cangrejo S.....	?	7.8	0	Hind	1848

NOTAS ACERCA DEL CUADRO PRECEDENTE.

El 0 colocado en la columna del mínimum significa que la estrella es en esta época inferior á la 10.ª magnitud. Para espresar de una manera mas cómoda y á la vez mas sencilla las pequeñas estrellas variables que no han recibido aun nombre ni signo, me valgo de letras sacadas del gran alfabeto, agotadas como están en su mayor parte las letras griegas y las minúsculas latinas por Bayer.

Ademas de las variables inscritas en el cuadro, hay todavía casi otras tantas cuya variabilidad se presume, porque diversos observadores les han asignado magnitudes diferentes. Pero como esas estimaciones puramente ocasionales no pueden afectar una gran exactitud, y como los astrónomos tienen cada uno su manera de apreciar las magnitudes, he creido mas seguro no tener en cuenta esta clase de estrellas, hasta tanto que un mismo observador no haya comprobado las variaciones por un estudio directo y en distintas épocas. Todas las estrellas del cuadro están en este último caso; la existencia de sus variaciones periódicas es cierta, aun cuando no haya podido ser determinado el período. Los períodos indicados en el cuadro descansan casi todos en investigaciones, á las que he sometido el conjunto de las antiguas observaciones y las todavía inéditas que he hecho durante los últimos diez años. Las escepciones se indicarán en las notas siguientes, en las cuales cada estrella está considerada aisladamente.

Las posiciones dadas en esas notas están espresadas en ascensiones rectas y en declinaciones para 1850. La espresion frecuentemente empleada de *grado* espresa las diferencias de brillo todavía sensibles, con alguna certeza, ya á simple vista, ya por medio de un anteojo de Frauenhofer, cuya longitud focal es de 65 centímetros, cuando se trata de estrellas imperceptibles á simple vista. Para las estrellas que esceden de la 6.ª magnitud, un *grado* forma próximamente un décimo de la diferencia de brillo entre dos órdenes de magnitud consecutivos; pero para las estrellas mas débiles, los intervalos de las magnitudes ordinarias son sensiblemente mas pequeñas.

(1) *o* de la Ballena, AR. 32° 57′ Decl. — 3° 40′; llamada tambien Mira á causa de las singulares variaciones de su luz, primeras que han sido notadas. La periodicidad de esta estrella ha sido reconocida durante la segunda mitad del siglo XVII; Boulliaud elevaba á 333 dias la duracion de su periodo. Hállase al mismo tiempo que está duracion es ya mas larga, ya mas corta, y que la estrella no tiene siempre el mismo brillo en el momento de su máximum de intensidad. Estas observaciones han sido confirmadas completamente por las hechas despues de esta épo-

ca, pero no se ha podido decidir si la estrella llega á ser perfectamente imperceptible en su máximum de brillo. Hásela visto alguna vez descender á la 11ª, ó 12ª magnitud; otras tambien no ha sido posible verla con anteojos de 1m á 1m 3. Lo cierto es que permanece mucho tiempo inferior á la 10ª magnitud. Nada se ha observado fuera de este límite; cuando mas, todo lo que se ha hecho ha sido esperar á que la estrella llegase á hacerse perceptible á simple vista (6.ª magnitud), para empezar de nuevo las observaciones. A partir de la 6.ª magnitud su luz aumenta rápidamente al principio; en seguida con mas lentitud, y despues de una manera apenas sensible. Decrece en seguida lentamente al principio; despues con rapidez. Por término medio el brillo aumenta á partir de la 6.ª magnitud durante 50 dias; disminuye hasta la 6.ª magnitud durante 69 dias; lo que da 4 meses próximamente para la duracion total de la perceptibilidad á simple vista. Pero esta duracion es solamente media; la duracion efectiva ha sido alguna vez de 5 meses; en otras épocas no ha escedido de 3 meses. Así tambien las duraciones del crecimiento y de la disminucion del brillo presentan grandes oscilaciones, y la primera ha sido alguna vez mas larga que la otra. Esto tuvo lugar en 1840, en que la estrella empleó 62 dias en llegar á su máximum de brillo, y 49 dias en volver á descender al punto de imperceptibilidad á simple vista. El período ascendente mas corto ha sido de 30 dias, en 1679; el mas largo, de 67 dias, en 1709. El período descendente mas largo tuvo lugar en 1839, y duró 91 dias; el mas corto en 1660, cuya duracion fue de 52. Alguna vez la estrella en el espacio de un mes no cambia apenas, hácia la época de su mayor brillo; otras veces un intervalo de pocos dias basta para hacer sensibles sus variaciones. En 1678 y en 1847 se notó un momento de parada en medio del período descendente, ó cuando menos un tiempo durante el cual la luz disminuyó de una manera apenas perceptible.

Ya hemos dicho que el brillo no es siempre igual en la época del máximum. Designando por 0 el brillo de las mas débiles estrellas perceptibles todavía á simple vista, y por 50 el de Aldebaran (1.ª mag.), puede decirse que Mira oscila entre 20 y 47 hácia su máximum, es decir, entre la 4.ª y la 1 — 2.ª magnitud; su brillo medio está representado por 28, es decir, igual al de la estrella γ de la Ballena. No parece menos irregular la duracion del período. Es por término medio de 331 dias 20 horas, pero sus oscilaciones llegan á un mes completo, porque el período mas corto comprendido entre dos máximos consecutivos ha sido de 306 dias, y el mas largo de 367 dias. Esas irregularidades llegan á ser mas sorprendentes todavía, cuando se comparan las épocas de los máximos observados con las épocas calculadas en la hipótesis de un período invariable. Las diferencias entre el cálculo y la observacion llegan entonces á 50 dias, y aun esas separaciones conservan casi la misma magnitud y

el mismo sentido durante muchos años seguidos. Esto prueba evidentemente que existe una perturbacion de largo período en los cambios de luz de esta estrella; solamente un cálculo mas exacto enseña que una perturbacion única no basta, y que es preciso admitir muchas producidas sin duda por la misma causa. Una de esas perturbaciones se reproduce en cada intervalo de 11 períodos elementales; la duracion de la 2.ª comprende 88 de esos períodos; la de la 3.ª, 176, y la de la 4.ª, 264. El conjunto de estas desigualdades periódicas representa la fórmula de senos referida en la nota 78, fórmula con la cual están de acuerdo las observaciones de los máximos, por mas que deje todavía subsistir separaciones que no pueden dar á conocer los errores de observacion.

(2) β de Perseo, Agol; AR. 44° 36′, Declin. + 40° 22′. Geminiano Montanari fue el primero que notó en 1667 la variabilidad de esta estrella, de la cual se ha ocupado tambien Maraldi; pero el conocimiento de la periodicidad de sus variaciones se debe á Goodricke, que la reconoció en 1782. La razon de esto consiste indudablemente en que esta estrella no cambia de brillo poco á poco, como la mayor parte de las variables, sino que permanece constantemente de 2—3.ª magnitud, durante 2 dias 13 horas, mientras que emplea únicamente 7 ú 8 horas para decrecer y bajar á la 4.ª magnitud. Los cambios de brillo no son del todo regulares; son mas rápidos en la época del mínimum; puede determinarse tambien el instante con 10 ó 15 minutos de anterioridad. Es asi mismo muy digno de observarse el que esta estrella despues de haber empezado a crecer en luz durante una hora próximamente, se detiene y conserva la misma claridad durante la hora siguiente, á partir de la cual vuelve á tomar su movimiento ascendente de una manera notable. Hasta aquí habíase considerado la duracion del período como absolutamente constante, y Wurm representaba las observaciones por un período de 2 dias, 21 horas, 48 minutos, 58 segundos y medio. Pero cálculos mas exactos, fundados en un intervalo de tiempo dos veces mayor del que habia podido servirse Wurm, han demostrado que el período se abrevia cada vez mas. En 1784 era de 2 dias, 20 horas, 48 minutos, 59 segundos, 4, y en 1842 de 2 dias, 20 horas, 48 minutos, 55 segundos, 2 solamente. Resulta tambien con verosimilitud de las mas recientes observaciones, que la disminucion del período es mas rápida hoy que en otro tiempo, de suerte que será preciso mas tarde ó mas temprano una fórmula de senos para representar esas perturbaciones del período principal. Por lo demas, la disminucion actual del período se esplicaria, suponiendo que Algol se aproxima á nosotros en razon de 371 miriámetros por año, ó lo que es lo mismo, que se separa de nosotros con una velocidad decreciente, en la misma razon. En uno ú otro caso la luz llegaria á nosotros cada año un poco antes que en la hipótesis de una posicion constante, y este adelanto, de cerca de 12 milésimas de segundo, bastaria

para hacer presente la disminucion observada. Si tal es la esplicacion verdadera, llegará á ser necesaria con el tiempo una fórmula de senos.

(3) χ del Cisne, AR. 296° 12′, Declin. + 32° 32′. Esta estrella presenta casi las mismas irregularidades que Mira; las separaciones de los máximos que se han observado en ella, comparadas con las que resultan del cálculo hecho en la hipótesis de un período uniforme, llegan á 40 dias, pero se reducen considerablemente cuando se introduce una perturbacion de 8 $^1/_2$ períodos elementales y otra de 100 períodos. En su máximum la estrella adquiere el brillo de las estrellas débiles de 5.ª magnitud, es decir, un *grado* mas que la 17ª del Cisne. Las oscilaciones del máximum de brillo son tambien muy notables, pues varían desde 13 grados menos á 10 grados mas del brillo medio. Cuando la estrella tenia su brillo máximo mas débil, era totalmente imperceptible á simple vista; en 1847, por el contrario, se la pudo ver sin anteojo por espacio de 97 dias enteros. La duracion media de su visibilidad es de 52 dias, de los cuales 20 pertenecen, por término medio, á la fase ascendente, y 32 á la fase descendente.

(4) 30 de la Hidra de Hevelio, AR. 200° 23′, Decl. —22° 30′ Esta estrella no es visible mas que por algun tiempo en cada año, á causa de su posicion estremadamente austral; todo lo que puede decirse es que su período y su brillo máximo presentan grandes irregularidades.

(5) R. de Leo, ó 420 de Mayer; AR. 144° 51′, Decl. + 12° 7′. Confúndese generalmente con las estrellas próximas (18 y 19 de Leo); ha sido tambien muy poco observada. Lo ha sido sin embargo bastante para enseñar que su período no es muy regular. Su brillo máximo parece variar tambien algunos *grados*.

(6) η del Aguila ó η de Antinoo; AR. 296° 12′ Decl. + 0° 37′ El período bastante constante de esta estrella es de 7 dias 4 horas 13 minutos 53 segundos. Sin embargo, las observaciones descubren pequeñas oscilaciones de 20 segundos, que se manifiestan al fin de un tiempo muy largo. Sus variaciones de brillo son muy regulares; las separaciones no esceden de los límites que pueden atribuirse á los errores de observacion. En su mínimum es inferior en un grado á la ι del Aguila. Su brillo aumenta al principio lentamente, despues con rapidez, en seguida con mas lentitud, y 2 dias 9 horas despues del instante del mínimum, adquiere su brillo mayor. Entonces se acerca á 3° sobre β y 2° bajo la δ del Aguila. A partir del máximum la luz no decrece con tanta regularidad, porque cerca del momento en el cual adquiere el brillo de β (1 dia 10 horas despues del máximum), varía con mas lentitud que en las horas precedentes ó siguientes.

(7) β de la Lira, AR. 281° 8′, Decl. + 33° 11′. Esta estrella es notable por sus dos máximos y sus dos mínimos. Despues de haber sido infe-

rior en un tercio de grado á la ζ de la Lira, en la época de brillo mas débil, emplea 3d y 5h en llegar á su primer máximo y entonces es $^3/_4$ de grado mas débil que γ de la Lira. 3 dias y 3 horas despues toca en su segundo mínimo que escede en 5° á ζ de la Lira. Despues de un nuevo intervalo de 3d y 2h, alcanza en su segundo máximo el mismo brillo que en el primero; y por último tarda 3d y 12h en llegar á su brillo mas débil. La suma de esas fáses comprende, pues, 12d 21h 46m 40s. Pero esta duracion del período solo puede contarse para los años de 1840-1844; en 1784 era 2 horas y $^1/_2$ mas corto, en 1817 y 1818 una hora y hoy parece que esperimenta de nuevo una disminucion. No puede, pues, dudarse de que la fórmula de su período deba ser tambien una funcion de seno.

(8) δ de Cefea, AR. 335° 54′, Decl. + 57° 39′. De todas las estrellas conocidas es la mas regular, bajo todos respectos. Un período de 5d 8h 47m 39s, 5 representa todas las observaciones desde 1784 hasta este instante; con la precision de las observaciones mismas; las pequeñas diferencias que se presentan en la marcha de las variaciones de luz pueden ser atribuidas á los errores ordinarios de la observacion. En su mínimum la estrella es superior en $^3/_4$ de grado á la ε de Cefea; iguala en su máximum á la estrella ι de la misma constelacion. Para pasar del mínimum al máximum emplea 1d 15h, y mas del doble de este tiempo, es decir, 3d 18h para volver al mínimum. Pero en esta última fase permanece 8h casi sin variar; durante un dia entero sus cambios son muy poco notables.

(9) α de Hércules, AR. 256° 57′, Decl. + 14° 34′. Estrella doble muy roja, cuyas variaciones son muy irregulares en cuanto al período y en cuanto al brillo. Su luz queda con frecuencia invariable meses enteros. En otras épocas su máximum escede á su minimum en 5 grados; su período es tambien muy incierto. G. Herschell la atribuia una duracion de 63 dias; yo la elevaba á 95 dias hasta que la discusion de mis propias observaciones, continuadas durante 7 años, me llevó al período consignado en el cuadro precedente. Heis cree poder representar las observaciones por un período de 184,9 dias comprendiendo dos máximos y dos mínimos.

(10) R de la Corona, AR. 235° 36′, Decl. + 28° 37′. Esta estrella no es variable mas que de una manera temporal. El período ha sido calculado por Koch segun sus propias observaciones, que desgraciadamente se han perdido.

(11) R del Escudo de Sobieski, AR. 279° 52′, Decl.—5° 51′. Las oscilaciones de brillode esta estrella están limitadas con frecuencia á un pequeño número de grados; pero tambien en otras ocasiones desciende de la 5.ª á la 9.ª magnitud. Todavía ha sido muy poco observada hasta aquí para que pueda decidirse si esas alternativas siguen ó no una marcha regu-

lar. Así tambien la duracion del período presenta notables fluctuaciones.

(12) R de Virgo, AR. 187° 43′, Decl. + 7° 49′ El período y el brillo máximo son muy constantes; hay, sin embargo, separaciones muy considerables en mi opinion para que puedan ser atribuidas á los errores de observacion únicamente.

(13) R de Acuario, AR. 354° 11′, Decl. — 16° 6′

(14) R de la Serpiente, AR. 235° 57′, Decl. + 15° 36′

(15) S de la Serpiente, AR. 228° 40′, Decl. + 14° 52′

(16) R del Cangrejo, AR. 122° 6′, Decl. + 12° 9′

Nada mas hay que decir acerca de estas cuatro estrellas, que lo que espresa el cuadro.

(17) α de Casiopea, AR. 8° 0′, Decl. + 55° 43′. Estrella de observacion muy difícil: la diferencia entre el máximum y el mínimum es solo de un pequeño número de grados; por otra parte, esta diferencia es tan variable como la duracion del período. Esas dificultades esplican la poca concordancia de los resultados obtenidos. El período indicado en el cuadro representa de una manera satisfactoria las observaciones de 1782 á 1849; en mi juicio creo que es el mas verosímil.

(18) α de Orion, AR. 86° 46′, Decl. + 7° 22′. Estrella cuya variacion de brillo es de 4 grados del mínimum al máximum. Aumenta de brillo durante 91 $^1/_2$ dias; decrece durante 104 $^1/_2$, de los cuales permanece 50 sin variar (desde el dia 20 al 70). Alguna vez son mas débiles y apenas sensibles sus variaciones. Es muy roja.

(19) α de la Hidra, AR. 140° 3′, Decl. — 8° 1′. Es la mas difícil de observar y su período es todavía incierto del todo. Juan Herschel lo estima de 29 á 30 dias.

(20) ε del Cochero, AR. 72° 48′, Decl. + 43° 36′. Los cambios de brillo de esta estrella son muy variables ó bien hay muchos máximos y mínimos durante un período de algunos años. Es necesario que transcurran todavía muchos antes de poder resolver la cuestion.

(21) ζ de Géminis, AR. 103° 48′, Decl. + 20° 47′. Esta estrella se ha manifestado hasta aquí muy regular en sus cambios de brillo. En su mínimum es media entre γ y υ de Géminis; en su máximum no llega á adquirir el brillo de λ. La fase ascendente dura 4d 21h y la fase descendente 5d 6 h

(22) β de Pegaso, AR. 344° 7′, Decl. + 27° 16′. El período está bastante bien determinado; pero nada puede decirse todavía acerca de la marcha de sus variaciones de brillo.

(23) R de Pegaso, AR. 344° 47′, Decl. + 9° 43′.

(24) s de Cangrejo, AR. 128° 50′, Decl. + 19° 34′.

Nada hay aun que decir acerca de estas dos últimas estrellas.

Bonn, Agosto 1850.

FR. ARGELANDER.

Variaciones cuyos períodos permanecen aun desconocidos.

Cuando se trata de someter al análisis científico hechos importantes por el papel que representan en el Cosmos, y estos hechos pertenecen además al reino telúrico ó á la esfera sideral, es de rigor una condicion, la de no intentar relacionar prematuramente entre sí fenómenos cuyas causas inmediatas no están perfectamente determinadas. Tambien nos detenemos á establecer una línea divisoria entre las estrellas nuevas que han desaparecido por completo (la de 1572 en Casiopea) y las estrellas nuevas que han permanecido en el Cielo (en el Cisne en 1600). Así mismo distinguiremos las estrellas variables de períodos determinados (Mira, Algol), de aquellas cuyo brillo cambia, sin que haya podido descubrirse la ley de sus variaciones (η de Argos). No es inverosímil, pero tampoco es absolutamente necesario, que esas cuatro clases de fenómenos (80) tengan igual orígen; quizá dependen de la naturaleza de las superficies, ó de las fotósferas de esos soles apartados.

Para describir las estrellas nuevas hemos empezado por el fenómeno de este órden mas sorprendente, la repentina aparicion de la estrella de Ticho; por iguales razones presentaremos aquí como tipo de las variaciones no periódicas de la luz estelar, la de una estrella notable, η de Argos, cuyas fases duran aun. Está situada esta estrella en la grande y brillante constelacion de la Nave, «la alegría del cielo austral.» Desde 1677, Halley, á su regreso de la isla de Santa Elena, manifestaba numerosas dudas acerca de la constancia de brillo de las estrellas de la Nave Argos; tenia muy presentes sobre todo las que existen sobre el broquel de la proa y sobre el combés (ἀσπιδίσκη y κατάστρωμα), cuyas magnitudes indicó Tolomeo (81). Pero la poca seguridad de las denominaciones antiguas, las numerosas variantes de los

manuscritos del Almagestas, y sobre todo, la dificultad de obtener evaluaciones exactas acerca del brillo de las estrellas, no permitieron á Halley transformar sus sospechas en realidades. En 1677, Halley colocaba á η de Argos entre las estrellas de 4.ª magnitud; en 1751, Lacaille la considera ya de 2.ª magnitud. Mas tarde recobró su débil brillo primitivo, puesto que Burchell la vió de 4.ª magnitud, durante su permanencia en el Sud del Africa (desde 1811 á 1815). Desde 1822 hasta 1826, fué de 2.ª magnitud para Fallows y Brisbane; Burchell, que se encontraba en 1827 en San Pablo, en el Brasil, la halló de 1.ª magnitud y casi igual á α de la Cruz. Un año despues volvió nuevamente á la 2. magnitud. A esta clase pertenecia cuando Burchell la observó en Goyaz, el 29 de Febrero de 1828; y bajo esta magnitud la inscribieron Johnson y Taylor en los catálogos de 1829 á 1833; y cuando Juan Herschell hizo sus observaciones en el cabo de Buena Esperanza, la colocó constantemente desde 1834 á 1837, entre la 2.ª y la 1.ª magnitud.

Pero el 16 de Diciembre de 1837, mientras que este astrónomo ilustre se aprestaba á medir la intensidad de la luz emitida por la innumerable cantidad de pequeñas estrellas de la 11.ª á la 16.ª magnitud que forman alrededor de η de Árgos una magnífica nebulosa, fué sorprendido por un fenómeno estraño; η de Argos observada por él antes con mucha frecuencia, habia aumentado de brillo con tanta rapidez que llegaba á ser igual á la α del Centauro; esce-diendo tambien á todas las demas estrellas de 1.ª magnitud, escepto á Canopea y á Sirio. Esta vez llegó á su máximum hácia el 2 de Enero de 1838. Debilitóse bien pronto; y llegó á ser inferior á Arturo, permaneciendo todavía hácia mediados de Abril de 1838 mas brillante que Aldebaran. Continuó decreciendo hasta Marzo de 1843, sin llegar, sin embargo, á la 1.ª magnitud; despues aumentó de nuevo, especialmente en Abril de 1843, y con una rapidez tal,

que segun las observaciones de Mackay en Calcutta y las de Maclear en el Cabo, η de Argos escedia á Canopea y llegó casi á igualarse con Sirio (82). La estrella ha conservado su brillo estraordinario hasta el principio del año precedente. Un observador distinguido, el teniente Gilliss, jefe de la espedicion astronómica que los Estados-Unidos enviaron á Chile, escribia desde Santiago en Febrero de 1850: «Hoy η de Argos, con su color de un rojo pajizo, mas oscuro que el de Marte, se aproxima estraordinariamente á Canopea por su resplandor; es mas brillante que la suma de la luz de las dos componentes de α del Centauro (83).» Desde la aparicion de 1604 en el Serpentario, no se ha producido fenómeno estelar alguno con tanta intensidad: ninguno tampoco ha presentado tan larga duracion, porque la de este fué de 7 años. En los 173 (1677-1850) en que hemos tenido noticias mas ó menos continuadas acerca del brillo de la bella estrella de la Nave, sus variaciones de luz han ofrecido 8 ó 9 alternativas de disminucion ó de recrudescencia. Por una feliz casualidad que sirvió á los astrónomos de nuevo motivo para no dejar de perseverar en investigaciones tan delicadas, la aparicion de esos brillantes fenómenos coincidió con la época de la célebre espedicion de Juan Herschell al Cabo de Buena Esperanza.

Hánse notado variaciones análogas, cuya periodicidad ignoramos igualmente, en otras estrellas aisladas y en las parejas estelares observadas por Struve (*Stellarum compos. Mensuræ microm.*, págs. LXXI-LXXIII). Los ejemplos que aquí citamos están fundados en las evaluaciones fotométricas que ha hechó el mismo astrónomo en épocas diferentes, y no en el órden de las letras de la Uranometría de Bayer. En un pequeño tratado de *fide Uranometriæ Bayerianæ* (1842 p. 15), ha probado Argelander, sin refutacion, que Bayer no se limitó solamente á designar las mas bellas estrellas por las primeras letras del alfabeto, sino que

se dejó guiar habitualmente por la posicion de las mismas, asignándolas las letras sucesivas del alfabeto, siguiendo la figura de la constelacion desde la cabeza á los piés. Sin embargo, á la distribucion de las letras en la Uranometría de Bayer se ha debido durante mucho tiempo la creencia de que habia tenido lugar un cambio de brillo en muchas bellas estrellas, tales como α del Aguila, Castor y Alfard, ó α de la Hidra.

Struve, en 1838, y Juan Herschell, vieron aumentar de brillo á la Cabra. El último encuentra en la actualidad á la Cabra un poco mas brillante que á Vega, á diferencia de otras veces que la encontraba mas débil (84). Galle y Heis han comparado recientemente esas dos estrellas y participan de esta opinion. Heis halla á Vega mas débil en 5 ó 6 *grados*, que es mas de una semi-magnitud de diferencia.

Las variaciones de luz de las estrellas que forman la Osa mayor y la Osa menor, son dignas de una atencion particular. «La estrella η de la Osa mayor, dice Juan Herschell, es ciertamente hoy la mas brillante de las 7 bellas estrellas de esta constelacion, mientras que en 1837 ε ocupaba el primer lugar.» Esta observacion me decidió á consultar á Heis, á su vez observador cuidadoso y entusiasta de las variaciones de la luz estelar. «Segun el término medio de todas las investigaciones que he hecho en Aquisgran, desde 1842 hasta 1850, escribe Heis, encuentro la série siguiente: 1.° ε de la Osa mayor, ó Alioth; 2.° α ó Dubhé; 3.° η ó Benetnasch; 4.° ζ ó Mizar; 5.° β; 6.° γ; 7.° δ. Las tres estrellas ε, α y η son casi tan iguales, que la menor alteracion en la atmósfera podria dificultar el conocimiento del órden de las magnitudes; ζ es desde luego inferior á las tres precedentes. Las estrellas β y γ, ambas notablemente mas débiles que ζ, son casi idénticas entre sí; y por último, δ, que los mapas antiguos igualan á β y γ,

es inferior en mas de una magnitud á esas estrellas. La estrella ε es positivamente variable. Aunque ε sea ordinariamente mas brillante que α, la he visto, sin embargo, 5 veces en 3 años, decididamente mas débil que α. Considero tambien la β de la Osa Mayor como variable, sin que pueda asignar su período. Juan Herschell encontraba la β de la Osa menor mucho mas brillante que la Polar, en 1840 y 1841; en 1846 observó todo lo contrario. Cree que existe variabilidad para β (85). Desde 1843, he hallado ordinariamente la Polar inferior á la β de la Osa menor; pero desde Octubre de 1843 hasta Julio de 1849, la Polar ha sido, segun mis observaciones, 1,4 veces mas brillante que β. He tenido, por otra parte, frecuentes ocasiones de asegurarme de que el color rojizo de esta última no es siempre constante; tiende alguna vez mas ó menos hácia el amarillo; otras es de un rojo vivo (86).» Este laborioso estudio del brillo relativo de los astros está condenado á permanecer algo dudoso, mientras que la estimacion pura y sencilla, verificada á simple vista, no haya dejado el puesto á los procedimientos de medida fundados en los recientes progresos de la Optica (87). La posibilidad de llegar á semejante resultado no deberia ser puesta en duda por los astrónomos y los físicos.

Debe existir probablemente una gran analogía, en cuanto al modo de generacion de la luz, entre todos los astros que brillan con su propio resplandor, y por consiguiente, entre el cuerpo central de nuestro sistema planetario y los soles etraños, es decir, las estrellas. Esta analogía hace presentir desde largo tiempo que hay tambien relacion entre las variaciones periódicas ó no periódicas, de la luz estelar ó solar y la historia meteorológica de nuestro planeta (88). Compréndese toda la importancia de esos fenómenos, cuando se considera que las variaciones de la cantidad de calor que nuestro planeta recibe del Sol, en la

sucesion de los siglos, han debido regular el desarrollo de la vida orgánica y su distribucion segun los diferentes grados de latitud. La estrella variable del cuello de la Ballena (Mira Ceti), varía desde la 2.ª á la 11.ª magnitud, y hasta llega á desaparecer; η de la Nave Argos oscila entre la 4.ª y la 1.ª magnitud, y adquiere tambien el brillo de Canopea y casi el de Sirio. Si nuestro Sol ha esperimentado variaciones semejantes, ó solamente una pequeña parte de los cambios de intensidad cuyo cuadro acabamos de dar (¿por qué habia de ser diferente de los demas soles?) alternativas análogas de enervamiento ó de recrudescencia en la emision de la luz y del calor, pueden haber tenido las mas graves y formidables consecuencias para nuestro planeta, que servirian sobradamente para esplicar las antiguas revoluciones del globo y los mas grandes fenómenos geológicos. G. Herschell y Laplace son los que han tratado primeramente esta cuestion. Si espongo aquí tales consideraciones, no es porque pretenda encontrar en ellas la solucion completa del problema de las variaciones de calor en la superficie del globo. No: la elevada temperatura primitiva de nuestro planeta ha resultado de su misma formacion, y de la condensacion progresiva de su materia; las capas profundas han irradiado su calor á través de las hendiduras del suelo y las grietas que han quedado abiertas; el juego de las corrientes eléctricas, la desigual distribucion de los mares y de los continentes pueden haber hecho, en los tiempos primitivos, independiente totalmente de la latitud la distribucion del calor, es decir, independiente de la posicion relativa de un cuerpo central. Las consideraciones cósmicas no deben mirarse solo bajo un aspecto; es preciso no restringirlas á puras especulaciones astrognósticas.

V.

MOVIMIENTOS PROPIOS DE LAS ESTRELLAS.—EXISTENCIA PROBLEMÁTICA DE ASTROS OSCUROS.—PARALAJES.—DISTANCIAS DE ALGUNAS ESTRELLAS.—DUDAS ACERCA DE LA EXISTENCIA DE UN CUERPO CENTRAL EN EL UNIVERSO ESTELAR.

No es solamente el color ó el brillo lo que varia en las estrellas; apesar de su antigua denominacion de *fijas*, cambian de posicion en el espacio absoluto, y cada estrella está aisladamente animada de un perpétuo movimiento de progresion. ¿Dónde hallar, en el Universo, un punto absolutamente fijo? y si nos elevamos á la concepcion de un sistema general ¿cómo separar las condiciones de estabilidad en medio de la infinita variedad de movimientos y de velocidades? De todas las estrellas brillantes que han observado los antiguos, ninguna ocupa hoy el mismo sitio en el firmamento. He dicho en otra parte que Arturo, μ de Casiopea y la 61.ª del Cisne, se habian apartado de su primitivo lugar desde hace 20 siglos, en cantidades angularmente equivalentes á 2 $^1/_2$, 3 $^1/_2$ y 6 veces el diámetro del disco de la Luna. Otra estrella cuyo brillo toca casi el límite estremo de la perceptibilidad á simple vista, la 1,830, del catálogo de Groombridge (6.-7.ª ó 7.ª mag.), se dirige, con mucha mas velocidad, recta hácia el conjunto de estrellas de 5.ª y de 6.ª magnitud que constituye la Cabellera de Berenice. Si esta

estrella conserva durante 71 siglos la velocidad y la direccion actual de su movimiento, se separará de la Osa mayor, describirá un arco casi igual á 27 veces el diámetro de la Luna, y se proyectará precisamente en medio del conjunto tan disgregado de la Cabellera. En el mismo espacio de tiempo habrán cambiado en mas de dos grados, 20 estrellas (89). Ahora bien: como los movimientos propios, ya conocidos y medidos, varian en 0″, 05 á 7″, 7, es decir en la relacion de 1 á 154, es evidente que las distancias mútuas de las estrellas deben alterarse con el tiempo, y que la figura actual de las constelaciones no puede subsistir siempre. La Cruz del Sud, por ejemplo, no conservará perpétuamente su forma característica, porque sus cuatro estrellas marchan en sentido diferente y con velocidades desiguales. No podria calcularse hoy, cuantos miles de años deben trascurrir hasta su completa dislocacion; pero ¿qué importa? ni para el espacio ni para el tiempo existen términos absolutos de magnitud ó de pequeñez.

Si se quieren abarcar de un modo general los cambios que se verifican en el Cielo y que deben imprimir en el transcurso de los siglos otra fisonomía al aspecto del firmamento, entonces es preciso proceder por enumeracion y distinguir, entre las causas que presiden á esas variaciones: 1.° la precesion de los equinoccios, cuyo efecto es hacer ascender nuevas estrellas hácia el horizonte y hacer otras invisibles por mucho tiempo; 2.° el cambio de brillo, periódico ó no periódico, de un gran número de estrellas; 3.° la aparicion súbita de estrellas *nuevas* de las cuales la mayor parte han permanecido en el Cielo; 4.° la revolucion de las estrellas binarias alrededor de su centro de gravedad comun. En medio de esas estrellas tenidas como fijas, que cambian á la vez de brillo, de color y de posicion, podemos seguir los movimientos muy diferentemente rápidos de los 20 planetas principales de nuestro mundo solar y de

sus 20 satélites (40 son los astros secundarios de nuestro sistema en la actualidad; en la época de Copérnico y Ticho, el restaurador de la astronomía práctica, no se conocian mas que 7). Podríanse colocar todavía entre los cuerpos planetarios cerca de 200 cometas calculados, de los cuales 5 son de corto período. Estos deben ser llamados cometas *interiores*, puesto que sus trayectorias están comprendidas en las órbitas de los planetas. Cuando esos astros llegan á ser perceptibles á simple vista, durante el tiempo casi siempre reducido de sus apariciones, contribuyen como los planetas propiamente dichos, y como las estrellas nuevas que aparecen súbitamente con un vivo brillo, á aumentar el atractivo del cuadro ya tan esplendente, tan pintoresco, de la bóveda celeste.

El estudio de los movimientos propios de las estrellas va unido de una manera íntima en la historia de las ciencias astronómicas, á los progresos de los instrumentos y de los métodos de observacion. Por otra parte, este estudio no podia intentarse con fruto, sino á partir de la época en que se aplicaron los anteojos á los instrumentos destinados á medir los ángulos; paso decisivo que era preciso franquear, antes de poder sustituir la precision de un segundo ó aun de una fraccion de segundo de arco, á la precision de un minuto, que á costa de grandes esfuerzos, supo dar á sus observaciones antes que nadie, Ticho. Sin este inmenso progreso, no tendríamos hoy mas que un medio de resolver la cuestion de los movimientos propios; el de comparar entre sí observaciones separadas por una larga série de siglos. Tal fué, con efecto, la marcha seguida por Halley en 1717. Relacionó las posiciones modernas con las posiciones del catálogo de Hiparco, y en las diferencias que encontró de esta manera, fundó la creencia que le llevó á atribuir movimientos propios á tres estrellas principales, Sirio, Arturo y Aldebaran. El intervalo de tiempo

comprendido entre esas observaciones fué de 1844 años (90). Pero mas adelante, la precision de los trabajos de Rœmer y la alta idea que se tenia del valor de las ascensiones rectas conservadas en el *Triduum* del astrónomo danés determinaron sucesivamente á Tobías Mayer en 1756, á Maskelyne en 1770 y á Piazzi en 1800, á darse por satisfechos con el pequeño intervalo comprendido entre su época y la de Rœmer, y á comparar las observaciones de este, con las suyas (91). Asi es como el fenómeno de los movimientos propios de las estrellas ha podido ser reconocido en su generalidad, desde la mitad del último siglo. Pero las primeras determinaciones numéricamente exactas datan solamente de 1783, y son debidas á G. Herschell, que tomó por base las observaciones de Flamsteed (92), y principalmente á los admirables trabajos de Bessel y de Argelander, que compararon sus mismos catálogos con las posiciones observadas por Bradley, hácia 1755.

Este descubrimiento de los movimientos propios de las estrellas es de la mayor importancia para la astronomía física, y ha hecho conocer el movimiento que arrastra á nuestro sistema solar á través de los espacios celestes, y la direccion tambien en que se verifica esta traslacion. Nunca hubiéramos sabido nada de semejante fenómeno, si el movimiento progresivo de las estrellas hubiera escapado á nuestras medidas en virtud de su misma pequeñez. Hay mas: los inauditos esfuerzos que se han intentado para determinar ese movimiento, en direccion y en magnitud, para medir el *paralaje* de las estrellas ó sus distancias, dieron como consecuencia inmediata la de elevar el arte de observar al mayor grado de perfeccion, sosteniéndose en él, especialmente desde 1830, ya por los progresos incesantemente estimulados de los aparatos micrométricos, ya por el empleo cada vez mas intelijente de los grandes círculos me-

ridianos, de los grandes heliómetros y de los grandes anteojos montados paralácticamente.

Hemos visto al comienzo de este capítulo, que los movimientos propios de las estrellas varian, de una á otra, desde $^1/_{20}$ de segundo hasta cerca de 8″. Pero no son las estrellas que brillan mas las que tienen los movimientos mas fuertes; sino las de 5.ª, 6.ª y aun 7.ª magnitud (93). Las mas notables bajo esta relacion son las siguientes: Arturo, 1.ª mag., movimiento propio = 2″, 25; α del Centáuro, 1.ª mag., 3″, 58 (94); μ de Casiopea, 6.ª mag., 3″, 74; la estrella doble δ del Eridan, 5-4.ª mag., 4″,08; la estrella doble 61 del Cisne, 5-6.ª mag., 5″,123 (su movimiento fué reconocido por Bessel en 1812, por las observaciones de Bradley comparadas con las de Piazzi; una estrella colocada sobre el límite que separa los Perros de Caza de la Osa Mayor (95), y que lleva el número 1830 en el Catálogo de las estrellas circumpolares de Groombridge, 7.ª mag., 6″,974, segun Argelander; ε del Indiano 7″74, segun D'Arrest (96); 2151 de la Popa de la Nave, 6.ª mag., 7″,871. Opongamos á esos resultados escepcionales un dato mas general: tomando el término medio aritmético de los movimientos propios estelares, para todas las regiones del Cielo donde estos movimientos están perfectamente comprobados, Mœdler halló solo 0″,102 (97).

En virtud de sus investigaciones acerca de «la variabilidad de los movimientos propios de Sirio y de Procion,» Bessel, el astrónomo mas grande de nuestra época, llegó en 1844 á consecuencias bien notables. Tenia la conviccion, poco tiempo antes de la dolorosa enfermedad que causó su muerte, de «que las estrellas cuyos movimientos propios presentan variaciones sensibles, pertenecen á sistemas que ocupan espacios bastante pequeños con relacion á las enormes distancias mútuas de las estrellas.» La creencia de Bessel en la existencia de pares estelares en los que uno de

los astros componentes carece de luz era tan firme, como lo probaria en caso de necesidad, la larga correspondencia que sostuvo conmigo, que bastó para despertar la atencion universal, independientemente del interés que vá unido naturalmente á toda concepcion capaz de ensanchar el círculo de nuestros conocimientos respecto del universo sideral. «El cuerpo atractivo, dice el célebre observador, debe estar ó muy cerca de la estrella cuyo movimiento propio presenta variaciones sensibles, ó muy cerca de nuestro propio Sol. Ahora bien: como la presencia de un cuerpo atractivo, dotado de una masa considerable y colocado á muy corta distancia del Sol, no está en manera alguna acusada por los movimientos de nuestro sistema planetario, llegamos á la otra alternativa; es preciso admitir que el cuerpo atractivo está situado muy cerca de la estrella misma. Esta es la única esplicacion aceptable de las variaciones que el movimiento propio de Sirio ha esperimentado en el trascurso de un siglo(98).» Bessel me escribia en julio de 1844: «...Insisto en la creencia de que Sirio y Procion son verdaderas estrellas dobles, compuestas de una estrella visible y de una invisible.» Y como yo habia manifestado, en son de broma, algunos escrúpulos con respecto al *mundo fantástico* que se iba á poblar de astros oscuros, añadia: «No hay razon alguna para considerar la facultad de emitir la luz como una propiedad esencial de los cuerpos. De que sean visibles innumerables estrellas, no resulta evidentemente prueba ninguna contra la existencia de estrellas invisibles, tambien innumerables. La dificultad principal, la de esplicar físicamente la variabilidad de un movimiento propio, será vencida de una manera satisfactoria, suponiendo que existen astros oscuros. La siguiente hipótesis, no tiene objecion posible: las variaciones de velocidad no pueden resultar mas que de la accion de ciertas fuerzas, y estas fuerzas deben obrar segun las leyes de Newton.»

Un año despues de la muerte de Bessell, Fuss acometió la empresa, invitado por Struve, de buscar por su parte la causa de las anomalías presentadas por Sirio y Procion. Con este fin llevó á efecto nuevas observaciones en Pulkova, con el anteojo meridiano de Ertel, y comparó los resultados así obtenidos con antiguas observaciones convenientemente reducidas. La conclusion de Struve y de Fuss es contraria al pensamiento de Bessell (99). Pero un gran trabajo que acaba de terminar Peters en Kœnigsberg, y análogas investigaciones emprendidas por Schubert, calculador del *Nautical Almanach* de los Estados-Unidos, han dado alguna razon á esta hipótesis.

La creencia en las estrellas que carecen de luz se habia estendido ya en la antigüedad griega, y especialmente en los primeros tiempos del cristianismo. Admitíase «que en medio de las estrellas brillantes, cuyos vapores alimentan la combustion, se mueven tambien otros cuerpos de naturaleza terrestre, que permanecen invisibles para nosotros (100).» Mas adelante se rebusteció esta conjetura con la estincion completa de las estrellas nuevas, sobre todo de las que Ticho y Keplero observaron tan cuidadosamente en Casiopea y en el Serpentario. Como se creia desde esta época, que la primera estrella habia aparecido ya dos veces con un intervalo de 300 años, no podia imaginarse un aniquilamiento real, una completa destruccion. El inmortal autor de la *Mecánica celeste* aceptaba tambien la existencia de masas no luminosas en el Universo, y fundaba su conjetura en las apariciones de 1572 y de 1604. «Esos astros que han llegado á ser invisibles, despues de haber escedido en brillo al mismo Júpiter, no han cambiado de lugar durante su aparicion (solo han dejado de emitir luz). Existen, pues, en el espacio celeste cuerpos opacos tan considerables y quizás en tan gran número como las estrellas (1).» Mædler dice tambien en sus *Investigaciones sobre el sistema sideral* (2): «Un cuer-

po oscuro podria ser cuerpo central; podria estar rodeado de cuerpos oscuros, así como el Sol está rodeado única é inmediatamente de planetas que carecen de luz propia. Los movimientos de Sirio y Procion, señalados por Bessel, conducen además necesariamente (?) á admitir casos en los que ciertos astros brillantes serian simples satélites, subordinados á masas oscuras.» Algunos partidarios de la teoría de la emision suponen que tales masas pueden irradiar la luz permaneciendo completamente invisibles para nosotros; basta que sus dimensiones ó sus masas sean tales, que los átomos de luz que emiten estén retenidos ó dirigidos hácia el centro por la fuerza de atraccion de la masa, y esto á partir de un cierto límite que no podrian esceder las moléculas luminosas (3). Si existen, como puede creerse, cuerpos oscuros ó invisibles en el Universo, cuerpos donde la luz no se desarrolla nunca, en todo caso no podrian encontrarse cerca de nuestro sistema de planetas y cometas, á menos que su masa no fuese estremadamente débil, sin que su presencia se hubiera ya conocido por perturbaciones sensibles.

La investigacion de los movimientos estelares, ya sean reales ó aparentes y producidos por el simple desarrollo del observador; la medida de la distancia de las estrellas por la de sus paralajes; la determinacion del sentido y de la velocidad del movimiento de traslacion de nuestro sistema planetario, son tres problemas muy importantes, intimamente unidos por su naturaleza misma y por los medios que han podido emplearse para su solucion mas ó menos completa. Ningun progreso en los métodos, ningun perfeccionamiento en los aparatos de medida ha sido realizado con objeto de abordar uno de esos difíciles problemas, que no haya producido en seguida inestimables resultados para la solucion de los otros dos. Empezaré con preferencia á toda otra cuestion por la de los paralajes ó distancias de ciertas estrellas ele-

gidas, con el fin de completar la esposicion de las nociones adquiridas sobre las estrellas consideradas aisladamente.

Galileo proponia desde principios del siglo XVII, «medir las distancias, muy desiguales sin duda, que separan á las estrellas de nuestro sistema solar.» Presintió igualmente con admirable sagacidad que se hallaria el medio mejor de determinar el paralaje, no en la medida de las distancias angulares al polo ó al zenit, sino «en la comparacion cuidadosa de las posiciones respectivas de dos estrellas muy próximas.» Esta era, en términos generales, la indicacion formal de los métodos micrométricos que fueron aplicados mas tarde por G. Herschell en 1781, despues por Struve y por Bessel. «Perché io non credo, dice Galileo (4), en su *Giornata terza*, che tutte le stelle siano sparse in una sferica superficie *equalmente distante da un centro;* ma stimo che le loro lontananze da noi siano talmente varie, que alcune ve ne possano esser 2 e 3 volte piú remote di alcune altre; talché quando si trovasse col Telescopio *qualche picciolissima stella vicinissima ad alcuna delle maggiori*, e che peró quella fusse altissima, *potrebbe accadere*, *che qualche sensibil mutazione succedesse tra di loro.*» El sistema de Copérnico presentaba con efecto este problema; adoptándolo, era absolutamente necesario buscar en los cambios de posicion de las estrellas la demostracion del movimiento anual de la Tierra alrededor del Sol. Así tambien, cuando Keplero hubo demostrado, por las observaciones de Ticho, que las posiciones aparentes de las estrellas no manifestaban señal alguna sensible de cambio paraláctico, por lo menos dentro de la precision de un minuto de arco (tal era el grado de exactitud que el mismo Ticho atribuia á sus medidas de distancia), los copernicanos debieron deducir que el diámetro de la órbita terrestre, á pesar de sus 306 millones de kilometros, es una base geométrica mucho mas pequeña con relacion á la enorme distancia de las estrellas fijas.

La esperanza de llegar á determinar esas distancias debia, pues, únicamente descansar en el futuro progreso de los aparatos ópticos y de los instrumentos de medida, es decir, en la posibilidad de evaluar con precision ángulos muy pequeños. Así que en tanto que no pudo obtenerse esta precision mas que para un minuto próximamente, la falta de paralaje sensible probaba únicamente que la distancia de las estrellas fijas escede de 3,438 radios de la órbita terrestre, es decir, 3,438 veces la distancia de la Tierra al Sol (5). A medida que ha ido aumentando la exactitud de las observaciones, ha ido creciendo tambien este límite en la misma relacion. Las observaciones de Bradley, exactas en 1″ próximamente, colocaban las estrellas mas próximas á 206,265 veces la distancia de la Tierra al Sol. Desde la brillante época en que Frauenhofer construyó sus admirables instrumentos, la precision de las medidas ha llegado á 0″,1; el radio de la órbita terrestre no es insuficiente ya mas que para estrellas cuya distancia escediera de 2.062,648 veces la longitud de esta base geométrica.

El ingenioso aparato zenital construido en 1669 por Roberto Hooke, contemporáneo de Newton, no bastó para el objeto propuesto. Picard, Horrebow (el calculador de las únicas observaciones de Rœmer que se han salvado), y Flamsteed creian haber encontrado paralajes de muchos segundos, porque confundian ciertos cambios aparentes de las estrellas con el efecto paraláctico del movimiento anual. Juan Michell, por el contrario (*Philos. Trans.*, 1767, t. LVII, p. 234-264), atribuia á las estrellas mas próximas un paralaje por lo menos de 0″,02, «imposible de reconocer á menos de emplear un aumento de 12,000 veces.» La opinion muy generalizada de que la superioridad de brillo de una estrella es un seguro indicio de su aproximacion, empeñó á Calandrelli y al célebre Piazzi (1805) en una série de investigaciones poco felices acerca de los paralajes de Vega,

de Aldebaran, de Sirio y de Procion. Otro tanto es preciso decir de las investigaciones de Brinkley (1815): Pond primero y Airy despues las han combatido victoriosamente. Las primeras nociones satisfactorias acerca de los paralajes se han obtenido por el camino de las medidas micrométricas; pero no empezaron á producirse hasta 1832.

En una importante memoria acerca de la distancia de las estrellas (6), Peters evalúa en 33 el número de los paralajes ya determinados. Citaremos únicamente 9; son los que mas confianza merecen, aunque no todos la misma. Seguiremos, no obstante, el órden cronológico.

La estrella que ha llegado á ser tan célebre, merced á los trabajos de Bessel, la 61.ª del Cisne, debe ocupar aquí el primer lugar. Desde 1812 el astrónomo de Kœnigsberg habia descubierto el movimiento propio considerable de esta estrella doble, cuyas componentes son inferiores á la 6.ª magnitud; pero hasta 1838 no determinó el paralaje merced á su eliómetro. Mis amigos Arago y Mathieu habian observado la distancia zenital de la 61.ª del Cisne, desde el mes de Agosto de 1812 hasta el mes de Noviembre del año siguiente, con el fin de medir su paralaje absoluto. Dedujeron de sus observaciones la consecuencia muy exacta de que el paralaje de esta estrella es inferior á la mitad de un segundo (7).

En 1815 y en 1816, Bessel no habia podido obtener aun resultado alguno admisible (son sus propias palabras) (8); pero las observaciones hechas con el gran eliómetro de Frahuenhofer desde el mes de Agosto de 1837 hasta Octubre de 1838, le dieron por último un paralaje de 0″,3,483, es decir, una distancia igual á 592,200 veces la de la Tierra al Sol. La luz emplea 9 años y $^1/_4$ en recorrer este espacio. Las observaciones hechas en 1842 por Peters han confirmado este resultado, puesto que dan 0″,3,490. El mismo astrónomo ha modificado despues el resultado de

Bessel, introduciendo en él una pequeña correccion relativa á las variaciones de temperatura; de este modo ha hallado 0″,3,744 (9).

El paralaje de la estrella doble mas hermosa del cielo austral, α del Centauro, fué determinado en 1832 por las observaciones de Henderson en el cabo de Buena Esperanza, y por las de Maclear en 1839. El resultado es 0″,9,128 (10). Es, pues, la estrella mas cercana á nosotros entre aquellas cuya distancia se ha medido, y está tres veces mas aproximada que la 61.ª del Cisne.

Struve se ocupó durante mucho tiempo del paralaje de α de la Lira. Sus primeras observaciones datan de 1836, y daban un resultado comprendido entre 0″,07 y 0″,18 (11). Mas adelante obtuvo, como valor definitivo, el núm. 0″,2,613, que corresponde á 771,400 radios de la órbita terrestre, distancia recorrida en 12 años por la luz (12). Peters ha hallado solamente 0″,103. Así la estrella mas brillante del cielo boreal estaria mas apartada que una pequeña estrella de 6.ª magnitud, la 61.ª del Cisne, que se distingue apenas en la bóveda celeste.

El paralaje de la estrella polar ha sido deducido por Peters, de observaciones continuadas durante 20 años en Dorpat, desde 1818 á 1838. Peters ha encontrado 0″,106, resultado tanto mas satisfactorio, cuanto que las observaciones de que procede asignan al propio tiempo á la constante de la aberracion un valor 20″,455, casi idéntico al de Struve (13).

La estrella 1830 del Catálogo de Groombridge, en la cual ha reconocido Argelander el movimiento propio mas fuerte de todo el cielo boreal, tiene por paralaje 0″,226, segun una série de 48 distancias zenitales muy exactas que observó Peters en Pulkova en 1842 y 1843. Faye asignó á esta estrella un paralaje 5 veces mayor (1″,08), superior por consiguiente al de α del Centauro. Con el fin de despe-

jar las dudas que aun podia haber acerca de la distancia de la 1830 de Groombridge, Otto Struve trató de determinar su paralaje por medio del gran ecuatorial de Pulkova. Sus investigaciones dieron un resultado inesperado: llegó por la discusion de una de las séries mas bellas de observaciones que pueden imaginarse, á afirmar que el paralaje de esta estrella debia ser inferior á un décimo de segundo. Bessel habia decidido en 1842, aplicar á esta estrella el método y el instrumento que tan buen resultado habia dado para la 61.ª del Cisne. Las observaciones hechas por Schlüter, y calculadas por Wichmann, en Kœnigsberg, dieron un paralaje intermedio entre las de Peters y de O. Struve. Las tres medidas concuerdan, pues, en establecer que el paralaje de la 1830 de Groombridge no podria esceder de una muy pequeña fraccion de segundo de arco (14).

ESTRELLAS.	PARALAJE.	ERROR PROBABLE.	NOMBRES DE LOS OBSERVADORES.
α del Centauro.	0",913	0",070	Henderson y Maclear.
61 del Cisne.	0 ,3744	0 ,020	Bessel.
Sirio.	0 ,230	»	Henderson.
1830 Groombridge.	0 ,226	0 ,141	Peters.
»	0 ,1825	0 ,0185	Schlüter y Wichmann.
»	0 ,034	0 ,029	Otto Struve.
τ de la Osa Mayor.	0 ,133	0 ,106	Peters.
Arturo.	0 ,127	0 ,073	Peters.
α de la Lira.	0 ,207	0 ,038	Struve y Peters.
La Polar.	0 ,106	0 ,012	Peters.
La Cabra.	0 ,046	0 ,200	Peters.

En general, los resultados obtenidos hasta aquí no establecen en modo alguno que las estrellas mas brillantes sean

tambien las mas próximas. Si el paralaje de α del Centauro es el mayor de todos, se observa al mismo tiempo que los de α de la Lira, de Arturo, y de la Cabra especialmente, son muy inferiores al paralaje de una estrella de 6.ª magnitud, la 61ª del Cisne. Lo mismo sucede con los movimientos propios. Despues de la 2151ª de la Popa y ε del Indiano, las estrellas dotadas de movimiento mas rápido son la 61ª del Cisne (5″,123 por año), y el núm. 1830 de Groombridge, llamada tambien en Francia estrella de Argelander (6″,974 por año). Esas estrellas están 3 ó 4 veces mas apartadas que α del Centauro, cuyo movimiento propio no escede de 3″,58. El volúmen, la masa, el brillo, el movimiento propio y la distancia, tienen sin duda entre sí relaciones muy complejas (15); y sí puede presumirse que las estrellas mas brillantes son tambien en tésis general las mas próximas á nosotros, de la misma manera pueden existir estrellas muy apartadas, cuya fotósfera ó superficie sea capaz de emitir una luz muy viva. Las estrellas clasificadas en el primer órden de magnitud, efecto de su brillo, podrian, pues, estar colocadas á mayor distancia que las estrellas de 4.ª y aun de 6.ª magnitud. Si abandonamos la inmensa capa estelar de la cual forma parte nuestro sistema, para descender grado por grado hasta nuestro mundo planetario, ó aun mas abajo, hasta los mundos inferiores de Saturno y de Júpiter, vemos constantemente un cuerpo central rodeado de masas subordinadas, cuya magnitud y brillo parece que apenas dependen de las distancias. Nada podria dar tanto atractivo al estudio todavía tan atrasado de las distancias estelares, como la íntima relacion que tiene necesariamente el conocimiento de los paralajes con el de la estructura general del Universo.

El genio humano ha sabido sacar partido para este género de investigaciones, de la propagacion sucesiva de la luz, encontrando en ella un nuevo manantial, en un todo diferente

de los medios de que ya he hablado. Esta ingeniosa concepcion merece seguramente un lugar aquí. Savary, que tan pronto ha sido arrebatado á las ciencias, ha demostrado cómo ciertos efectos de la aberracion, particulares de las estrellas dobles, podrian servir para determinar sus paralajes. Si el plano de la órbita descrita por el satélite alrededor de la estrella central no es perpendicular al rayo visual dirigido de la Tierra á la estrella; si dicho plano está colocado casi en la direccion del rayo visual, el satélite afectará describir una órbita casi rectilínea. Ahora bien: su órbita real puede entonces ser descompuesta idealmente en dos partes, en el sentido del rayo visual: una donde el satélite se aproxima constantemente á la Tierra; la otra donde se separa constantemente de ella. En el primer caso el espacio que la luz debe recorrer para llegar hasta nosotros va disminuyendo: este espacio va creciendo en el segundo caso. Resulta de aquí que el satélite empleará tiempos diferentes, no en realidad, sino en apariencia, en describir esas dos mitades de su órbita que supondré circular para mayor sencillez. Si pues la magnitud de esta órbita es tal, que la luz necesite de muchos dias ó de muchas semanas para atravesarla, la semi-diferencia de las duraciones aparentes de las dos semi-revoluciones dará la medida del tiempo que la luz emplea en recorrer la estension de la órbita en el sentido de nuestro rayo visual; mientras que la suma de esas duraciones aparentes indicará la duracion real de la revolucion entera. Ahora bien: la velocidad absoluta de la luz nos es conocida; recorre 2,663 millones de miriámetros en 24 horas. Síguese de aquí que una de las dimensiones absolutas de la órbita puede ser calculada en miriámetros, segun que la simple determinacion micrométrica del ángulo bajo el que ve esta línea el observador, da inmediatamente el paralaje ó la distancia de la estrella principal (16).

Así como la determinacion de los paralajes nos muestra las distancias mútuas de las estrellas y su verdadero lugar en el Universo; así el estudio de los movimientos propios, en magnitud y en direccion, puede llevarnos á la solucion de dos nuevos problemas, á saber: el movimiento de traslacion del sistema solar en el espacio (17), y la posicion del centro de gravedad de todo el universo sideral. En semejante materia podemos decir que toda nocion irreductible á simples relaciones de números, es por esto mismo poco propia para manifestar con la claridad necesaria la conexion de las causas y de los efectos. De los dos problemas enunciados, el primero es, por consiguiente, el único que no ofrece carácter alguno de indeterminacion absoluta. Pueden citarse como testimonio de ello las escelentes investigaciones de Argelander. En cuanto al segundo problema, relativo á la estructura misma del Universo, no puede llegar la inteligencia humana á la concepcion precisa y clara del juego de las fuerzas innumerables que deberia comprender. La solucion evidente, indispensable á toda demostracion realmente científica (18), falta por otra parte, segun confiesa el mismo Mædler, que tantos y tan ingeniosos esfuerzos ha hecho para obtenerla.

Cuando se ha llevado cuenta exacta de los efectos debidos á la precesion de los equinoccios, á la nutacion del eje terrestre, á la aberracion de la luz y á los cambios paralácticos engendrados por el movimiento anual de la Tierra alrededor del Sol, los movimientos aparentes de las estrellas contienen todavía, además de los cambios que en realidad les pertenecen, un rasgo cualquiera del movimiento de traslacion general del sistema solar. Bradley ha entrevisto primero que nadie, en su bella Memoria acerca de la nutacion (1748), el movimiento propio del Sol, y hasta ha indicado la mejor marcha que debe seguirse para comprobar esta hipótesis (19). «Si se reconoce, dice Bradley, *que*

nuestro sistema planetario cambia de lugar en el espacio absoluto, deberá poderse observar en el trascurso de los tiempos, una variacion aparente en las distancias angulares de las estrellas; y como las estrellas cercanas estarán mas afectadas de esta variacion que las estrellas apartadas, resulta de aquí que las posiciones de esas dos clases de estrellas parecerá como que cambian unas relativamente á las otras, aun cuando realmente hayan permanecido inmóviles. Si, por el contrario, nuestro Sol está en reposo y las estrellas son las que se mueven, entonces cambiaran aun sus posiciones aparentes; esas variaciones serán tanto mas sensibles, cuanto mas próximas á la Tierra estén las estrellas, y colocadas en el sentido mas favorable con relacion á nosotros. Los cambios de posicion de las estrellas pueden, por otra parte, dependèr de tan gran número de causas, que será necesario quizás esperar bastantes siglos antes de poder reconocer sus leyes.»

Tobías Mayer, Lambert y Lalande, despues de Bradley, han discutido en sus escritos, ya la posibilidad, ya la verosimilitud del movimiento de traslacion del sistema solar. G. Herschell es quien primero ha intentado en sus *Memorias* de 1783, 1805 y 1806, establecer esta conjetura sobre hechos observados. Encontró (y se ha confirmado despues por un gran número de trabajos mas exactos) que nuestro sistema solar se dirige hácia un punto situado en la constelacion de Hércules, á los 260°, 44′ de ascension recta y 26°, 16′ de declinacion boreal (para 1800). Comparando las posiciones que un gran número de estrellas han ocupado en el Cielo en épocas distintas, Argelander ha hallado, para la posicion de este punto:

en 1800,	AR.	257°, 54′, 1.	Decl. + 28°, 49′, 2,
y para 1850,	»	258°, 23′, 6.	+ 28°, 45′, 6;

Otto Struve ha deducido de 392 estrellas:

en 1800,	AR.	261°, 26', 9.	Decl.	+ 37°, 35', 5.
y para 1850,	»	261°, 52', 6		+ 37°, 33', 0.

Segun Gauss (20), el punto buscado está en un cuadrilátero cuyos vértices tienen como posiciones:

AR.	258°, 40'	Decl.	+ 30°, 40'
	258°, 42		30°, 57'
	259°, 13		31°, 9'
	260°, 4		30°, 32'

Quedaba todavía por examinar lo que darian las estrellas del hemisferio austral, invisibles en nuestros climas. Galloway se ocupó de esos cálculos con un celo verdaderamente particular (21); comparó observaciones muy recientes hechas por Johnson en Santa Elena, y por Henderson en el cabo de Buena Esperanza (1830), con las antiguas determinaciones de Lacaille y de Bradley (1750 y 1757). El resultado ha sido:

para 1790,	AR.	260°, 0'	Decl.	+ 34°, 2'
además para 1800,	»	260°, 5'		+ 34°, 22'
y para 1850,	»	260°, 33'		+ 34°, 23'

La conformidad de este resultado con el que habian dado ya las estrellas boreales es en estremo satisfactorio.

Determinada asi, con un cierto grado de aproximacion, la direccion del movimiento progresivo de nuestro sistema solar, surge naturalmente una cuestion, á saber: ¿es el Universo sideral una simple y casual agregacion de sistemas parciales, independientes entre sí, ó es un sistema mas vasto, en el cual girarian todos los astros alrededor del centro de gravedad general? Puede tambien preguntarse si el centro del Universo cae en el vacío, ó si debe estar materialmente representado por un cuerpo central de una masa preponderante. Aquí entramos en el dominio de las puras conjeturas; y si es cierto que puede dárselas apariencias científicas, la insuficiencia radical de los datos suministrados por la

observacion ó por la analogía no permitirá nunca elevar esas hipótesis al grado de fuerza y de claridad que se encuentra en otras ramas de la ciencia. Querer tratar á fondo semejante problema, pretender aplicar aquí los resortes del análisis matemático, es olvidar que desconocemos los movimientos propios de un número infinito de pequeñas estrellas (de la 10.ª á la 14.ª magnitud), y que estas estrellas precisamente son las que constituyen la parte mas considerable de los anillos ó de las capas estelares de la Via láctea. El estudio de nuestro propio mundo planetario, donde se llega sucesivamente de los pequeños sistemas parciales de Júpiter, Saturno, y de Urano á la concepcion del sistema solar que los comprende á todos, ha podido ofrecer para el estudio del Universo la tentacion de una fácil analogía. De aquí la idea de un mundo estelar donde numerosos grupos parciales situados unos con respecto de los otros á inmensos intervalos, estuviesen coordinados mútuamente por un lazo de órden superior, tal como la atraccion preponderante de un gran cuerpo central, especie de *Sol del Universo* (22). Pero los hechos adquiridos contradicen esas conjeturas fundadas únicamente en la vaga analogía que tienden á establecer entre el universo sideral y nuestro sistema solar. En las estrellas *múltiples*, por ejemplo, astros luminosos por sí mismos, soles en una palabra ¿no giran alrededor de un centro de gravedad colocado á gran distancia de ellos en el espacio? Y aun en nuestro propio mundo ¿es el centro del Sol, el verdadero centro de los movimientos planetarios? No; el centro de los movimientos es el centro de gravedad general de todas las masas que componen el sistema. Unas veces el centro de gravedad cae, en virtud de las posiciones respectivas de los planetas preponderantes (Júpiter y Saturno) en el interior del Sol; y otras, y este es el caso mas frecuente, cae fuera del Sol (23). En las es-

trellas dobles el centro de gravedad está colocado en el vacío. En nuestro sistema solar este punto se halla ya en el vacío, ya en un espacio ocupado por la materia. Podríase tambien imaginar para referir á la analogía las estrellas binarias ó múltiples, que existe en el centro de sus movimientos un cuerpo oscuro ó iluminado débilmente por una luz estraña; pero esto seria entrar demasiado pronto en el dominio de los mitos y de las hipótesis gratuitas.

Véase sin embargo una consideracion mas digna de atencion. Si los movimientos propios de las estrellas diversamente apartadas y del Sol mismo, se verificasen en inmensos círculos concéntricos, el centro de esos movimientos deberia hallarse á 90° del punto hácia el cual se dirige nuestro sistema solar (24). En este órden de ideas, es importante estudiar de qué manera se reparten en el Cielo los movimientos propios, lentos ó rápidos de las estrellas. Argelander ha examinado, con su reserva y sagacidad habituales, hasta qué grado de verosimilitud podia buscarse el centro general de las gravitaciones de nuestro estrato estelar en la constelacion de Perseo (25). Mœdler se inclina hácia el grupo de las Pléyades. Vá mas lejos: y siempre rechazando la idea de un cuerpo central dotado de una masa preponderante, coloca el centro de gravedad general en Alcion (η de Tauro), la mas bella de las Pléyades (26). No voy á discutir aquí semejante opinion, ni á examinar si tiene fundamento, ó es solo verosímil (27). Puede rechazarse, pero cuando menos se concederá al activo director del Observatorio de Dorpart que no serán inútiles sus investigaciones para algunas partes de la astronomía física. Sobre todo tendrá el mérito de haber reducido y discutido, no sin trabajo, las posiciones y los movimientos propios de mas de 800 estrellas.

VI.

ESTRELLAS DOBLES Y MÚLTIPLES.—SU NÚMERO Y DISTANCIAS MÚTUAS.—DURACIONES DE LA REVOLUCION DE DOS SOLES ALREDEDOR DE SU CENTRO DE GRAVEDAD COMUN.

Puesto que el sistema general del Universo ha sido mas bien supuesto que entrevisto, dejemos ya las consideraciones de conjunto, para descender á los sistemas parciales. Aquí, encontramos un suelo mas firme, fenómenos mas accesibles al observador. Las estrellas dobles, ó mas generalmente aun, las estrellas múltiples, son sistemas compuestos de un número muy pequeño de astros luminosos por sí mismos, verdaderos soles unidos por el lazo de una recíproca gravitacion, y que ejecutan sus movimientos en forma de curvas cerradas. Antes de que la observacion hubiese revelado su existencia, no se conocian semejantes movimientos mas que en nuestro sistema solar, donde los planetas verifican tambien sus revoluciones en trayectorias limitadas (28). Pero esta analogía, puramente aparente, ha conducido durante mucho tiempo á ideas falsas. Aplicábase el nombre de estrella doble á todo par de estrellas, cuya aproximacion no permitia la separacion á simple vista (Castor, α de la Lira β de Orion, α del Centáuro); cuando hubiera sido preciso distinguir dos clases muy diversas de pares estelares; los que aparecen como tales, á causa de la situacion particular del

observador aunque las estrellas, en apariencia reunidas, pertenezcan en realidad á regiones ó á capas en todo diferentes; y los que están formados de estrellas realmente próximas, de estrellas colocadas por ello bajo la influencia de su gravitacion recíproca. Estos últimos son verdaderos sistemas parciales. Dichas dos clases se denominan estrellas dobles *ópticas* y estrellas dobles *físicas*. Cuando la distancia es grande y el movimiento muy lento, las segundas pueden ser confundidas fácilmente con los pares puramente ópticos. Alcor, pequeña estrella de la cual han hablado con frecuencia los astrónomos árabes, porque es perceptible á simple vista, cuando el aire es puro y la vista muy penetrante constituye con ζ de la cola de la Osa Mayor un par óptico, en toda la estension de la palabra, quiero decir, un par de estrellas físicamente independientes. He hecho ver tambien en otra parte cuántos obstáculos puede proporcionar una gran proximidad aparente ó real, á la separacion óptica de las estrellas que forman par, sobre todo si una de las dos posee un brillo preponderante. Las colas estelares y otras ilusiones de orígen orgánico que producen la vision indistinta, han sido tambien discutidas en su lugar (29).

Sin haber hecho jamás de las estrellas dobles objeto especial de investigaciones telescópicas, Galileo, cuyos anteojos eran por otra parte demasiado débiles para un asunto de esta especie, habia notado sin embargo la existencia de los pares *ópticos*. En un pasaje célebre de su *Giornata terza*, indica á los astrónomos el partido que podrian sacar de esas estrellas, para determinar su paralaje (quando si trovasse nel telescopio qualche picciolissima stella, vicinissima ad alcuna delle maggiori) (30). Hácia la mitad del siglo pasado apenas si se contaban 20 estrellas dobles, escluyendo aquellas cuya distancia escede de 32″. Hoy, se conocen 6.000 en ambos hemisferios, gracias á los inmensos trabajos de Guillermo y Juan Herschell y de Struve.

Entre los pares mas antiguos conocidos, pueden citarse: ζ de la Osa mayor, señalada en 1700 por Godofredo Kirch; α del Centauro, en 1709, por el padre Feuillée; λ de Virgo, en 1718; α de Géminis, en 1719; la 61 del Cisne, en 1753; (estas tres últimas fueron observadas por Bradley que determinó tambien sus ángulos de posicion y sus distancias); ρ de Ofiuco; ζ de Cancer... (31) Su número fué aumentando poco á poco, desde Flamsteed que usaba ya un micrómetro, hasta Tobias Mayer, cuyo catálogo apareció en 1756. Dos profundos pensadores, Lambert (*Fotometria*, 1760; *Cartas cosmológicas sobre la estructura del Universo*, 1761) y Juan Michell (1767) no observaron por sí mismos las estrellas dobles; pero publicaron las primeras nociones exactas acerca de las relaciones de atraccion mútua que deben existir entre las componentes de esos sistemas parciales. Lambert pensaba con Keplero, que los soles lejanos deben estar rodeados, como nuestro propio Sol. de un cortejo de astros oscuros semejantes á nuestros planetas y á nuestros cometas. En cuanto á las estrellas muy próximas unas de otras creia, pareciendo que se inclinaba siempre á la hipótesis de un cuerpo central oscuro, que esas estrellas debian girar alrededor de su centro comun de gravedad, y verificar su revolucion en un espacio de tiempo muy limitado (32). Michell, que ignoraba completamente las ideas emitidas por Kant y por Lambert, siguió otro camino. Aplicó el cálculo de las probabilidades al estudio de los grupos estelares y sobre todo á las estrellas múltiples, binarias ó cuaternarias (33). Demostró que habia 500.000 probabilidades contra una, de que la reunion de las 6 estrellas principales de las Pléyades no fuese efecto del acaso, y que alguna causa habia debido determinar su aproximacion. Tan persuadido estaba de la existencia de estrellas que giraban unas al rededor de las otras, que propuso el estudio de esos sistemas parciales como un

medio de resolver ciertos problemas astronómicos (34).

Cristian Mayer, astrónomo de Manheim, tiene el gran mérito de haber observado sériamente las estrellas dobles antes que nadie (en 1778). La denominacion poco conveniente de *satélites*, y sobre todo la aplicacion que creyó deber hacer de ella á las estrellas que referia á Arturo, aun cuando le estuviesen separadas en 2° 30′ y 2° 55′, le espusieron á las burlas de sus contemporáneos y á la crítica escesivamente amarga del célebre geómetra Nicolás Fuss. ¿Era verosímil, con efecto, que pudiesen sernos visibles, cuerpos planetarios que recibian su luz de orígenes tan apartados? Desecháronse, pues, las ideas sistemáticas de Mayer, y hasta se desecharon tambien sus observaciones por creer que habia derecho para hacerlo. No obstante, él decia, son sus palabras, en su respuesta á las críticas del padre Maximiliano Hell, director del observatorio imperial de Viena: «O las pequeñas estrellas colocadas tan cerca de las grandes, carecen de luz propia y están débilmente iluminadas como planetas; ó la estrella central y su satélite son dos soles brillantes por su luz propia que giran uno alrededor del otro.» Lo que hay de capital en los trabajos de Cristian Mayer, fué reconocido mucho tiempo despues de su muerte por Struve y por Mædler, que hicieron valer sus derechos al reconocimiento de los astrónomos. En sus dos tratados: *Defensa de las nuevas observaciones sobre los satélites de Estrellas* (en aleman. 1778) y *Dissert. De novis in cœlo sidero Phœnomenis* (1779), se encuentra la descripcion de 80 estrellas dobles observadas por él; entre esos pares, 67 están á una distancia menor de 32″. La mayor parte habian sido descubiertas por C. Mayer, con el escelente anteojo de 2^m, 6 de longitud focal de que estaba provisto el círculo mural de Manheim. «Hoy cuéntanse todavía algunas entre los objetos mas difíciles, que solamente pueden distinguirse con poderosos instrumentos: tales son ρ y la 71

de Hércules, la 5.ª de la Lira y ϖ de Piscis.» Verdaderamente Mayer observaba solo, ayudado de los instrumentos meridianos (como se hizo tambien mucho tiempo despues de él), las diferencias de ascension recta ó de declinacion; pero cuando quiso comparar sus resultados con las observaciones antiguas para evidenciar los cambios de posicion, no supo siempre separar bien lo que era solo consecuencia de ciertos movimientos propios (35).

Estos pequeños pero memorables ensayos, fueron seguidos de los gigantescos trabajos de G. Herschell durante un largo período de mas de 25 años. Aunque su primer catálogo de estrellas dobles sea posterior en cuatro años al tratado que C. Mayer habia publicado respecto del mismo asunto, no es menos cierto que sus observaciones se remontan al año 1779 y aun al 1776, si se tienen en cuenta sus investigaciones sobre el trapecio de la gran nebulosa de Orion. Casi todo lo que hoy sabemos acerca de las estrellas dobles tiene su orígen en los trabajos de G. Herschell. No solamente publicó catálogos en 1782, 1783 y 1804 que contienen 846 pares estelares, casi todos descubiertos y medidos por él (36), sino que tambien, y esto importa mucho mas que lo crecido del número, Herschell ocupó su génio observador y su sagacidad en todo lo que se relaciona con las órbitas, duracion presumible de las revoluciones, brillo de la luz, contraste de los colores y clasificacion de los diversos pares segun las distancias mútuas de las estrellas componentes. Dotado de la imaginacion mas viva y á pesar de esto procediendo siempre con un estremado cuidado, solo en 1794 se atrevió Herschell á esponer sus ideas acerca de la naturaleza de las relaciones que pueden existir entre la estrella principal y la compañera, y establecer en fin una distincion profunda entre las estrellas dobles físicas y las estrellas dobles ópticas. Nueve años despues determinó la conexion general de esos fenómenos, en el vo-

lúmen 93 de las *Philosophical Transactions*. La ciencia poseia ya para en adelante una teoría completa de esos sistemas parciales, donde vemos soles girando al rededor de su centro comun de gravedad. Súpose entonces que la fuerza de atraccion que gobierna nuestro sistema, que se estiende desde el Sol á Neptuno y hasta 28 veces mas lejos, puesto que la atraccion solar obra aun á 131.000 millones de kilómetros, sobre el gran cometa de 1860, le retiene en su órbita y les obliga á volver de nuevo, súpose que esta fuerza reina tambien en los otros mundos y gobierna los sistemas estelares mas apartados. Pero aun cuando G. Herschell reconociera con una claridad perfecta, la conexion general de esos fenómenos, preciso es, repito, confesar que las observaciones eran aun bien incompletas á principios del siglo XIX. Los ángulos de posicion que habian sido medidos por él, unidos á los que podian deducirse de las observaciones mas antiguas, no comprendian un intervalo bastante para permitir calcular con certeza la duracion de las revoluciones y los demas elementos de las órbitas estelares. Tales cálculos debian inducir á errores; el mismo Juan Herschell recuerda los períodos de 334 años que se asignaban entonces á Cástor, en vez de 520 años (37); de 708 años á la γ de Virgo, en vez de 169, y el de 1200 años que se atribuia á γ de Leo (la 1424 del gran catálogo de Struve, magnífica estrella doble cuyos colores son el amarillo de oro y el verde rojizo).

Despues de G. Herschell, G. Struve, de 1813 á 1842, y Juan Herschell, de 1819 á 1838, dierón, con respecto á esta rama de la Astronomía, pruebas de una actividad no menos admirable y la enriquecieron con instrumentos mas perfectos, sobre todo para los aparatos micrométricos. En 1820 publicó Struve en Dorpat su primer Catálogo, que contenia 796 estrellas dobles. Un segundo Catálogo apareció en 1824, que comprendia 3112 estrellas dobles, todas

superiores á la 9.ª magnitud y á menos de 32″ de distancia. Los $^5/_6$ de esta coleccion se componian de estrellas dobles hasta entonces desconocidas; Struve las habia descubierto, merced al gran anteojo de Frauenhofer, sometiendo mas de 120.000 estrellas á una minuciosa revision. El tercer Catálogo de Struve es de 1837, y constituye la obra capital titulada: *Stellarum compositarum Mensuræ micrometricæ* (38). Este libro contiene solamente 2.787 estrellas dobles, teniendo presente que ciertos objetos observados de una manera incompleta han sido cuidadosamente escluidos de él.

Este número ya tan considerable ha sido aun aumentado, gracias á trabajos que formarán época en la historia astronómica del hemisferio austral. Durante una estancia de cuatro años en el cabo de Buena-Esperanza, en Feldhausen, J. Herschell ha observado mas de 2.100 estrellas dobles, de las cuales solo algunas eran ya conocidas (39). Todas esas observaciones africanas han sido hechas con el telescopio de 20 pies (6 metros) calculadas y reducidas para 1830, y coordinadas de modo que fueran la continuacion de seis catálogos anteriores que ya habia publicado Juan Herschell en la 6.ª y 9.ª parte de la rica coleccion de las *Memoirs of the R. Astronomical Society* (40). Los seis catálogos europeos contenian ya 3.346 estrellas dobles, de las que 380 han sido observadas en comandita por Juan Herschell y South, en 1825.

La série histórica de esos trabajos demuestra cómo ha adelantado progresivamente la ciencia en el espacio de medio siglo, para elevarse al conocimiento profundo de los sistemas estelares *parciales* y sobre todo de los sistemas *binarios*. Hoy es posible, con alguna certeza, fijar en 6.000 el número de las estrellas dobles, teniendo en cuenta las que han sido descubiertas por Bessel con su magnífico eliómetro de Frauenhofer; por Argelander, en Abo, de 1827

á 1835 (41); por Encke y Galle, en Berlin, de 1836 á 1839; por Preuss y Otto Struve, en Pulkova (despues de el gran catálogo de 1837); por Mœdler en Dorpat, y por Mitchell en Cincinnati, donde empleó un anteojo de Munich de 5^{m}, 5 de longitud. Entre esos 6.000 pares cuyas estrellas componentes parecen tan próximas, aun para el ojo provisto de los mas poderosos telescopios, ¿cuántas estrellas dobles hay puramente ópticas, y cuantos pares en donde las dos estrellas sometidas á las leyes de una atraccion mútua, circulen en curvas cerradas y constituyan un sistema verdadero?

Esta es seguramente una cuestion capital pero difícil de resolver hoy. De hecho, el número de los pares en donde puede probarse que el satélite se mueve alrededor de la estrella central vá siempre aumentado. Movimientos de una estremada lentitud, una posicion desfavorable de la órbita pueden hacer que se desconazca largo tiempo el carácter de un par estelar, y colocarlo equivocadamente entre las estrellas ópticamente dobles. Sin embargo, la comprobacion de los movimientos *relativos* no es el único criterio. Si las dos estrellas de un mismo par están animadas del propio movimiento de *traslacion*, si marchan juntas en el espacio absoluto, como Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno arrastran tras sí sus cortejos de satélites y son á su vez arrastradas con todo el sistema solar en una misma direccion, entonces se puede afirmar algo acerca dela naturaleza de ese par; sus estrellas componentes están físicamente relacionadas, y pertenecen á un mismo sistema. Los trabajos de Bessel y de Argelander acerca de los movimientos propios de las estrellas han llevado tambien á reconocer un cierto número de verdaderos sistemas estelares. Debemos á Mœdler la siguiente observacion: Hasta 1836 no se conocian, de 2,640 estrellas dobles inscritas en los catálogos, mas que 58 pares en que se hubiesen comprobado cam-

bios de posicion relativa; y 105 en que la existencia de tales cambios podia aparecer mas ó menos verosímil. Hoy la relacion numérica de las estrellas físicamente dobles de las que lo son ópticamente, se ha modificado mucho. Segun un cuadro publicado en 1849, en 6,000 pares se hán encontrado 650 cuyas componentes han cambiado ostensiblemente de posicion relativa (42). Antiguamente se conocia solo un par físico entre 16 estrellas dobles; hoy su relacion es de 1 á 9.

En cuanto á la distribucion de las estrellas dobles, ya en el espacio absoluto, ya tambien, mas simplemente, en la bóveda aparente, de los cielos, háse adelantado poco, y es difícil fijarla en número exacto. Sábese, por ejemplo, en qué region se encuentra la mayor parte de las estrellas dobles; esta es la de las constelaciones de Andrómeda, del Vaquero, de la Osa Mayor, del Lince y de Orion, para el hemisferio boreal. Para el cielo austral, Juan Herschell ha observado «que en la parte extra-tropical de este hemisferio, el número de las estrellas múltiples es mucho menor que en la parte correspondiente de la zona opuesta.» A pesar de lo que este resultado puede tener de inesperado, no por esto deja de ser digno de una gran confianza, porque las bellas regiones del cielo austral han sido esploradas bajo las mas favorables condiciones atmosféricas, y por uno de los mas hábiles observadores, por medio de un poderoso telescopio de 6 metros de longitud focal que separaba pares de estrellas de 8.ª magnitud, aun cuando las distancias no escedieran de $^3/_4$ de segundo (43).

Uno de los caracteres mas notables de las estrellas dobles, es el contraste de color que presentan en multitud de casos. Struve ha examinado en su gran obra de 1837 (44) los colores de 600 estrellas dobles, escogidas entre las mas brillantes; hé aquí los resultados de su discusion : En 375 pares estelares, las dos estrellas tienen igual color, en el

el mismo grado de intensidad. En 101 pares, las estrellas son tambien del propio color pero se nota cierta diferencia en cuanto á la intensidad de sus coloraciones respectivas. Struve ha encontrado 120, es decir, $^1/_5$ del número total, en donde los colores difieren completamente. Los pares en que la estrella principal y su compañera tienen el mismo color son pues 4 veces mas numerosas. Las estrellas blancas forman cerca de la mitad de esos 600 pares. Entre las estrellas dobles de dos colores, encuéntrase con frecuencia la mezcla del amarillo y del azul, como en la ι de Cancer ó el naranjado y el verde, como en la estrella triple γ de Andrómeda (45).

Arago hizo observar en 1825, que las estrellas dobles bicolores presentan frecuentemente dos colores complementarios, es decir dos colores cuya reunion da el blanco (46). Sábese en Óptica, que un objeto débilmente iluminado parecerá verde, por un efecto de contraste, si se le coloca al lado de algun otro objeto de un rojo brillante; parecerá azul, si el objeto próximo tiene un fuerte color amarillo. Pero al notar esto Arago ha recordado prudentemente que si el tinte verde ó azul de la compañera podia esplicarse por un efecto de contraste, cuando la estrella central es tambien roja ó amarilla, seria preciso no obstante cuidarse de generalizar este modo de esplicacion hasta el punto de negar por ejemplo la existencia de estrellas realmente verdes ó azules (47). Cita, con efecto, muchos pares en los cuales una estrella brillante y blanca, tiene por compañera una pequeña estrella azul (1,527 de Leo, 1,768 de los Perros de Caza); cita tambien δ de la Serpiente cuyas componentes son ambas azules (48), y propone, en fin, comprobar si las tintas complementarias son realmente un efecto de contraste, cubriendo la estrella principal con un hilo ó un diafragma cuando la distancia de las dos estrellas lo permite. Ordinariamente, es azul únicamente la pequeña estrella; sin

embargo, sucede lo contrario en la 23 de Orion (696 del catálogo de Struve, p. LXXX), cuya estrella principal es azülada, mientras que la compañera es perfectamente blanca. Si los soles de que se componen esos sistemas múltiples, están rodeados de planetas invisibles para nosotros, esos planetas deben tener sus dias *blancos*, *azules*, *rojos* y *verdes* (49).

Conviene, por mas de un motivo, no generalizar escesivamente en semejantes materias. Hemos visto (50) que todas las estrellas coloradas no son necesariamente estrellas variables; así tambien las estrellas dobles de uno ó de muchos colores no son siempre estrellas físicamente dobles. De la frecuente reproduccion á nuestra vista de ciertas coincidencias, no debe deducirse siempre que esas coincidencias son hechos necesarios, sobre todo cuando se trata de estrellas periódicamente variables ó de estrellas que giran en los sistemas parciales alrededor de un centro de gravedad comun. Observando cuidadosamente los colores de las estrellas dobles hasta la 9.ª magnitud, es decir, hasta el límite donde la coloracion cesa de ser perceptible, se han encontrado todas lás gradaciones del espectro solar; pero esos matices no se reparten indistintamente entre las dos componentes. Cuando la estrella principal no es blanca, su color se aproxima, en general, á la estremidad roja del espectro, es decir, la de los rayos menos refrangibles; mientras que el color del satélite se inclina hácia el violado y corresponde asi á los rayos mas refrangibles. Las estrellas rojizas son doblemente numerosas que las estrellas azules ó azuladas; las blancas son $2\,^1/_2$ veces mas numerosas que las estrellas mas ó menos rojas. Es tambien digno de observarse que generalmente á una gran diferencia de coloracion vá unida una gran desigualdad de brillo. Dos pares cuya viva luz permite su observacion en pleno dia, ε del Vaquero y γ de Leo, se componen, la una, de dos estrellas blancas

de 3.ª y 4.ª magnitud, la otra, de una estrella principal de 2.ª magnitud y de un satélite de 3, 5 magnitud. La γ de Leo es la mas hermosa de las estrellas dobles del cielo boreal, como la α del Centauro (51) y α de la Cruz son las mas bellas del hemisferio austral. En cuanto á la ζ del Vaquero, presenta con α del Centáuro y γ de Virgo una particularidad bastante rara, á saber, la reunion de dos grandes estrellas de un brillo poco diferente.

Respecto del problema de la variabilidad de brillo, considerada con relacion á las estrellas dobles, existen aun bastantes dudas y contradicciones, especialmente cuando se trata de la compañera. He dicho ya (52) que la estrella principal de α de Hércules ofrece muy poca regularidad en sus variaciones. Struve ha observado cambios de brillo en las dos estrellas de γ de Virgo que son casi del mismo color amarillento y de igual brillo (3.ª mag.), y en la n.º 2,718 de su gran Catálogo. Quizá procedan esas variaciones del movimiento de rotacion de esos soles alrededor de sus ejes (53). Despues de los cambios de brillo, hablemos algo de los cambios de color. Hánse supuesto alteraciones de ese género en γ de Leo y γ del Delfin; pero el problema permanece aun indeciso. No se ha conseguido comprobar que hayan tomado color estrellas blancas, ni que estrellas dotadas de color llegaran á ser blancas, como parece haber sucedido á una estrella aislada, Sirio (54). Si se trata de simples variaciones de matices, en la discusion deben tenerse en cuenta mnuerosas causas de error, entre las cuales y en primer lugar, hay que poner la individualidad orgánica de cada observador, y aun las propiedades ópticas de cada instrumento. Sábese por ejemplo, que los espejos de los telescopios tienen por objeto teñir mas ó menos de rojo todos los rayos luminosos que reflejan.

Entre las estrellas múltiples, se encuentran estrellas

triples como ξ de Libra, ζ de Cáncer, la 12ª del Lince, y la 11ª del Unicornio; estrellas cuadrúples, como los n.os 102 y 2,681 del catálogo de Struve, α de Andrómeda y ε de la Lira; y por último, una estrella séxtuple, θ de Orion, que forma el célebre trapecio de la gran nebulosa de Orion. Esta estrella séxtuple, constituye muy probablemente un verdadero sistema; porque las 5 pequeñas estrellas de 6.ª,3 de 7.ª, de 8.ª, de 11.ª,3 y de 12.ª magnitud dividen el movimiento propio de la estrella principal (4.ª,7 mag.) Sin embargo, no se ha notado en ella todavía el menor cambio relativo (55). En las estrellas triples ξ de Libra y ζ de Cáncer por el contrario, los movimientos de revolucion de todos los satélites se han comprobado perfectamente. La última se compone de 3 estrellas de 3.ª magnitud, de un brillo poco diferente, y el satélite mas próximo de la estrella central parece tener un movimiento diez veces mas rápido que el mas apartado.

El número de las estrellas dobles, cuyas órbitas han podido calcularse, asciende hoy á 4; hay todavía 10, ó 12, cuyos elementos serán probablemente conocidos muy luego, con un grado de aproximacion suficiente (56). Entre esas estrellas, ζ de Hércules ha verificado ya ostensiblemente dos revoluciones enteras, y ha proporcionado por dos veces, en 1802 y 1831, el curioso espectáculo de una estrella oculta por otra estrella (57).

Los primeros cálculos relativos á la determinacion de los elementos de la órbita de una estrella doble, se deben en primer lugar á Savary, quien eligió ξ de la Osa Mayor como objeto de sus investigaciones. A este siguieron los métodos y los cálculos de Encke y de Juan Herschell; mas adelante, los trabajos de Bessel, de Struve, de Mœdler, de Hind, de Smith, del capitan Jacob y de Ivon Villarceau. Los métodos de Savary y de Encke, exigen 4 observaciones completas, correspondientes á épocas suficientemente apar-

tadas entre sí. Los de Juan Herschell, y de Ivon Villarceau, están destinados á utilizar inmediatamente el conjunto de las observaciones. Las duraciones mas cortas de las revoluciones en las estrellas dobles, cuentan 36, 61, 66, y 77 años; son pues intermedias entre la de Saturno y la de Urano. La revolucion mas larga, entre aquellas cuya duracion ha podido ser determinada con alguna apariencia de éxito, mide 500 años, es decir triple del tiempo de la revolucion del Neptuno de *Le Verrier*. La escentricidad de las elipses estelares es muy considerable, á juzgar por los hechos conocidos en la actualidad. Por ejemplo, las de las elipses de γ de Virgo (0,87) y de α del Centáuro (0,95 ó 0,72) forman órbitas verdaderamente cometarias; y aun el cometa interior de Faye, cuya órbita, á decir verdad, se aparta muy poco de la forma circular, tiene una escentricidad (0,55) mas pequeña que aquellas dos estrellas dobles. Las órbitas de las demás estrellas son comparativamente poco escéntricas.

Si en un par estelar se considera á una de las dos estrellas, la mas brillante, por ejemplo, como en reposo, y se la toma por centro del movimiento de la segunda estrella, puede deducirse de las observaciones y de los cálculos actuales, que la curva descrita por la compañera alrededor de la estrella central, es una elipse, en la cual el radio vector describe áreas iguales en tiempos iguales. De esta manera, multiplicando las medidas de ángulo, de posicion y de distancia, se ha podido afirmar que los soles de esos diversos sistemas obedecen á las mismas leyes de gravitacion que los planetas de nuestro propio mundo. Ha sido necesario medio siglo de esfuerzos para asentar por fin ese gran resultado sobre bases sólidas; pero tambien se contará este medio siglo como una gran época en la historia de las ciencias que se elevan hasta el punto de vista cósmico. Astros llamados, siguiendo una antigua costumbre, *fijos*

por mas que ni sean *fijos* ni *inmóviles* tampoco en la bóveda celeste, se han ocultado mútuamente á nuestra vista. El conocimiento de esos sistemas parciales en donde se verifican los movimientos independientemente de toda agena influencia, abre al pensamiento un campo tanto mas estenso, cuanto que esos sistemas aparecen ya á su vez como simples detalles en el vasto conjunto de los movimientos que animan los espacios celestes.

ELEMENTOS DE LAS ORBITAS DE LAS ESTRELLAS DOBLES.

NOMBRES Y MAGNITUDES DE LAS ESTRELLAS.	SEMI-eje mayor.	ESCENTRICIDAD.	DURACION de la revolucion.	NOMBRES de los calculadores.
			años	
ξ Osa mayor 4.ª y 5.ª mag.	3″,857	0,4164	58,262	Savary 1830
	3 ,278	0,3777	60,720	J. Herschell (1849)
	2 ,295	0,4037	61,300	Mædler 1847
	2 ,439	0,4315	61,576	Y. Villarceau 1848
p. de Ofiuco 4.ª y 6.ª mag.	4″,328	0,4300	73,862	Encke 1832
	4 ,966	0,4445	92,338	Y. Villarceau 1849
	4 ,8	0,4781	92	Mædler 1849
ζ de Hércules 3.ª y 6.ª,5 mag.	1″,208	0,4320	30,22	Mædler 1847
	1 ,254	0,4482	36,357	Y. Villarceau 1847
η Corona 5.ª,5 y 6.ª mag.	0″,902	0,2891	42,50	Mædler 1847
	1 ,012	0,4744	42,501	Y. Villarceau 1847
	1 ,111	0,4695	66,257	Id. 2.ª solucion.
Castor 2.ª,7 y 3.ª,7 mag.	8″,086	0,7582	252,66	J. Herschell (1849)
	5 ,692	0,2194	519,77	Mædler 1847
	6 ,300	0,2405	632,27	Hind 1849
γ de Virgo 3.ª mag.	3″,580	0,8795	182,12	J. Herschell (1849)
	3 ,863	0,8806	169,44	Mædler 1847
	3 ,446	0,8699	153,787	Y. Villarceau 1848
	„	—0,0016 *f*	— 0,081 *f*	*f*>—1 y<+1
	+1″ *g*	+0,0426 *g*	+69,4 *g*	*g*>-0,42 y<+0,15
ζ de Cáncer 5.ª y 6.ª mag.	0″,934	0,3662	58,59	Y. Villarceau 1849
	0 ,892	0,4438	58,27	Mædler (1849)
α del Centauro 1.ª y 2.ª mag.	15″,500	0,9500	77,00	Capit. Jacob 1848
	12 ,128	0,7187	78,486	Y. Villarceau 1848

OBSERVACIONES ACERCA DEL CUADRO PRECEDENTE.

Las órbitas de las 4 primeras estrellas dobles parecen perfectamente determinadas hoy. No sucede lo mismo con las de las 4 últimas: para estas, las observaciones actuales no suministran bastantes datos realmente distintos para que puedan deducirse de ellos los 7 elementos de la órbita.

Era imposible dejar sin mencion en este cuadro, los cálculos de Savary y de Encke acerca ξ de la Osa Mayor y p de Ofiuco. Esos cálculos tienen con efecto un valor histórico, porque son las primeras aplicaciones de los métodos de cálculo que propusieron los dos eminentes astrónomos. Pero como en 1830 y en 1832, los datos de la observacion eran todavía insuficientes, no deben estrañar las discordancias que no pueden menos de notarse entre los elementos de Encke ó de Savary y los de J. Herschell, de Mædler ó de Yvon Villarceau. Las determinaciones *recientes* relativas á las 4 primeras estrellas, concuerdan mucho mejor, y todo hace esperar que los elementos consignados en ese cuadro no habrán de sufrir en adelante grandes modificaciones.

Sin embargo, η de la Corona presenta una anomalía singular. Todos los astrónomos que se han ocupado de esta estrella hasta 1847, la asignan una revolucion de 43 años. Villarceau encontró en 1847, que el problema era susceptible de recibir dos soluciones enteramente distintas, una de las cuales termina á los 43 años y la otra á los 66, de revolucion. En la época en que fueron hechos esos cálculos, no existia motivo alguno determinante para adoptar una de esas órbitas con preferencia á la otra; pero las recientes observaciones de O. Struve parecen decidir en favor de la segunda solucion, la de 66 años, ignorada de los calculadores precedentes.

Como los números del cuadro no darian una idea completa de esas dos soluciones, presento aqui para cada una de ellas, los 7 elemento fundamentales de la órbita:

	1.ª solucion.	2.ª solucion mas probable.
Tiempo de la revolucion.	42 años,501	66 años,257
Semi-eje mayor.	1″,012	1″,111
Escentricidad..	0″,4744	0″,4695
Inclinacion.	65° 39′,2	58° 3′,3
Longitud del nudo.	10° 26′,6	4° 20′,7
Longitud del perihelio.	237° 36′,1	198° 37′,5
Tiempo del tránsito al perihelio verdadero.	1805,666 1818,167	1780,124 1846,381

La causa de esta anomalía singular es por sí sola digna de interés. En las medidas de las estrellas dobles se toma por centro á la mas hermosa de las dos de un mismo par, se la considera como relativamente fija, y se refieren á ella las posiciones ocupadas por la segunda estrella estimada desde entonces como satélite. Esto supuesto, cuando las dos estrellas son casi iguales y del mismo color, y además las observaciones están separadas por un gran número de años, como sucedió en la época de los grandes trabajos de Herschell, se corre peligro de equivocarse de estrella, y de tomar por fija la que se consideraba como móvil en un principio. Por lo regular la confusion no podia durar mucho; por otra parte no tiene mas inconveniente que el decambiar en 180°, los ángulos observados, error muy fácil de reparar. Pero para η de la Corona un concurso fortuito de circunstancias deja subsistir enteramente una ambigüedad de ese género, en la interpretacion de los ángulos de posicion medidos por Guillermo Herschell. A pesar de la discusion mas minuciosa de todas las circunstancias propias para guiar la eleccion del calculador, Villarceau no ha podido mas que indicar probabilidades en favor de la órbita de 66 años, y ha debido presentar la doble solucion á que le conducian los datos actuales, fijando ante todo para 1853, la época en que será imposible dudar entre las dos órbitas. Acabo de decir que las últimas observacíones de Pulkova deciden ya en favor de la órbita de 66 años (58).

Las discordancias de los elementos que han sido asignados á las 4 últimas estrellas, por diferentes calculadores, demuestran bastante la insuficiencia de los datos actuales de la observacion. Villarceau mismo, se vió obligado á dejar subsistir dos indeterminadas, *g* y *f*, en la espresion de los elementos de Υ de Virgo, una en la ζ de Cáncer, y dos en las de α del Centauro (el cuadro solo contiene las indeterminadas de la primera). La incertidumbre aquí es de naturaleza distinta que para η de la Corona. No se trata ya de optar entre dos órbitas diferentes que únicas pueden á satisfacer á las observaciones, sino de escoger entre un número infinito de órbitas, comprendidas entre límites dados. Así que únicamente se sabe para Υ de Virgo que la duracion de la revolucion está comprendida entre 125 y 164 años, segun las indeterminadas del cuadro, ó con mas exactitud, entre 128 y 166 años, siendo casi igualmente admisibles todos los valores intermedios.

Los elementos de Υ de Virgo, de ζ de Cáncer, y de α del Centauro, calculados por Y. Villarceau, no se han publicado todavía en parte alguna; debo su conocimiento, á la deferencia de este escelente astrónomo.

VII.

LAS NEBULOSAS.—NEBULOSAS REDUCTIBLES Y NEBULOSAS IRREDUCTIBLES.—NUBES DE MAGALLANES.—MANCHAS NEGRAS Ó SACOS DE CARBON.

Ademas de los mundos visibles que llenan los espacios celestes entre los cuerpos brillantes de luz estelar, y entiendo por esto, los cuerpos que tienen luz propia y los que reciben su luz del Sol, los que están aislados y los que, apareados diferentemente, giran alrededor de un centro de gravedad comun; entre esos cuerpos, digo, existen masas que arrojan un resplandor pálido y dulce, semejante á una nebulosidad. (59). Algunas hacen el efecto de pequeñas nubes luminosas de contornos redondeados y cortados; otras, sin forma precisa, se estienden por vastos espacios. Todas, vistas á través del telescopio, parecen en un principio completamente diferentes de los cuerpos celestes de que hemos tratado en los cuatro capítulos precedentes. De la misma manera que hemos llegado á deducir del movimiento observado, pero no esplicado aun, de las estrellas visibles, la existencia de las estrellas invisibles (60), asi tambien las esperiencias recientes, que han comprobado la posibilidad de reducir un número considerable de nebulosas, han llevado á negar la existencia de las nebulosas, y de un modo mas absoluto, de toda la materia cósmica estendida en el mundo.

Por otra parte, que esas nebulosas de contornos determinados sean una materia difusa y luminosa por sí misma, ó que sean conjuntos esféricos de estrellas apretadas, no por eso dejan de tener una gran importancia para el conocimiento de la estructura del mundo, en lo que concierne á los espacios celestes.

El número de las nebulosas cuyo lugar ha sido fijado en ascension recta y en declinacion, escede ya de 3,600. Algunas de las que no ostentan forma determinada tienen una estension igual á ocho veces el diámetro de la Luna. Segun una evaluacion de G. Herschell, que data del año 1811, las nebulosas cubren por lo menos $^1/_{270}$ de todo el firmamento visible.

La mirada que las contempla por medio del telescopio penetra en regiones desde donde los rayos luminosos, segun cálculos que no carecen de verosimilitud, tardan millones de años en llegar hasta nosotros, y atraviesa intervalos de los que apenas se puede formar idea, tomando por unidad las distancias que nos suministra la capa de estrellas mas próxima del sistema solar, es decir, las distancias que nos separan de Sirio ó de las estrellas dobles del Cisne y del Centauro. Si las nebulosas son grupos de estrellas de forma elíptica ó globular, su conglomeracion recuerda los efectos misteriosos de las fuerzas de la gravitacion; si son masas de vapor con uno ó muchos núcleos, los diferentes grados de su condensacion probarian que la materia cósmica puede, por una concentracion sucesiva, llegar á formar estrellas. La Astronomía, hablo de la que es objeto de contemplacion mas bien que de cálculo, no procura otro espectáculo tan á propósito para apoderarse de la imaginacion; y no solo porque puedan ser tomadas las nebulosas como símbolo de lo infinito, sino porque la investigacion de los diferentes estados por los cuales han pasado esos cuerpos celestes y el lazo que es permitido suponer entre

sus trasformaciones sucesivas, puede darnos la esperanza de separar, á través de los fenómenos, la ley de su desarrollo (61).

La historia de las nociones que poseemos actualmente acerca de las nebulosas nos advierte que sobre este punto, como en general en todo lo que pertenece á la historia de las ciencias naturales, las mismas opiniones contrarias que cuentan hoy numerosos partidarios, han sido sostenidas hace muchos años, aunque con razones menos concluyentes. Desde que el telescopio ha llegado á ser de uso general, vemos á Galileo, Domingo Cassini, y á otro observador penetrante, Juan Michell, considerar todas las nebulosas como grupos de estrellas apartadas en el espacio, mientras que Halley, Derham, Lacaille, Kant y Lambert afirmaban que carecian de estrellas. Keplero era celoso partidario de la teoría segun la cual las estrellas estan formadas de una nebulosidad cósmica, es decir de un vapor celeste que se aglomera y toma cuerpo. Esta era tambien la opinion de Ticho Brahe, antes de la invencion del telescopio. Keplero pensaba, valiéndome de sus propias frases: «Cœli materiam tenuissimam in unum globum condensatam stellam effingere;» entendia por esta materia ténue, el vapor que en la Via láctea brilla con un resplandor semejante á la dulce luz de las estrellas. Fundábase su opinion no en la condensacion que se observa en las nebulosas de forma redondeada, puesto que no conocia esas nebulosas, sino en las estrellas que se encienden repentinamente en los bordes de la Via láctea.

Propiamente hablando, con G. Herschell empieza la historia de las nebulosas, como tambien la de las estrellas dobles, si es cierto que se debe considerar el número de los objetos descubiertos, la exactitud y la solidez de las observaciones telescópicas, y la generalidad de las miras á las cuales han servido de punto de partida. Hasta él, y teniendo en cuenta los laudables esfuerzos de Messier, solo se co-

nocian en los dos hemisferios 120 nebulosas irreductibles; y en 1786, el gran astrónomo de Slough publicaba un primer catálogo que contenia 1,000. Ya he recordado antes, de una manera circunstanciada, que las masas designadas bajo el nombre de estrellas nebulosas (νεφελοειδεῖς) por Hiparco y por Gémino, en los *Cataterismos* del Pseudo-Eratóstenes y en el *Almagestas* de Tolomeo, son grupos de estrellas que ofrecen á simple vista el aspecto de una materia vaporosa. (62) Esta denominacion traducida en latin por la palabra *Nebulosæ*, llegó á la mitad del siglo XIII en las Tablas Alfonsinas, gracias verdaderamente á la influencia preponderante del astrónomo judio Isaac Aben-Sid-Hassan, presidente de la rica sinagoga de Toledo. Sin embargo, en Venecia fué donde se imprimieron las Tablas Alfonsinas, en 1483.

Esos singulares agregados de verdaderas nebulosas, reunidas en cantidad innumerable y mezcladas con enjambres de estrellas, están mencionados por primera vez por el astrónomo árabe de mediados del siglo X, Abdurrahman-Sufi, oriundo del Irak persa. El Buey blanco, que vió brillar con un resplandor pálido y blanquecino muy por debajo de Canopea, era sin duda la mayor de las dos Nubes de Magallanes que, con una estension aparente casi igual á 21 veces el diámetro de la Luna, cubre en realidad en el Cielo un espacio de 42 grados cuadrados, y que los viajeros europeos no empezaron á señalar hasta la primera parte del siglo XVI, aun cuando ya, 200 años antes, se hubieran adelantado los Normandos por las costas occidentales de Africa hasta Sierra-Leona, á los $8^{\circ}\ {}^{1}/_{2}$ de latitud septentrional (63). Parece que una masa nebulosa de tan grande estension y claramente perceptible á simple vista debió llamar mucho antes la atencion (64).

La primera nebulosa aislada que fué señalada, merced al telescopio, como completamente desprovista de estre-

llas, y en la cual reconocióse un objeto de naturaleza particular, fué la nebulosa colocada cerca de ν Andrómeda, y perceptible tambien á simple vista. Simon Mario, cuyo verdadero nombre era Mayer, de Guntzenhausen, en Franconia, que despues de haber sido músico fué llevado en calidad de matemático á la córte de un margrave de Culmbach, el mismo que vió, nueve dias antes que Galileo, los satélites de Júpiter (65), tiene tambien el mérito de haber sido el primero en describir, y con gran exactitud, una nebulosa. En el prefacio de su *Mundus Jovialis* (66), cuenta que el 15 de diciembre de 1612, reconoció una estrella fija de aspecto tal, que nunca habia visto otra semejante. Estaba situada cerca de la 3.ª estrella, es decir, cerca de la estrella boreal del Cinturon de Andrómeda. Mirada á simple vista, tenia la apariencia de una nube, y por medio del telescopio, Mayer habia encontrado que ese fenómeno no tenia nada de estelar, lo que le distinguia de las estrellas nebulosas, de Cáncer y de otros grupos nebulosos. Todo lo que podia reconocerse en él, era una apariencia blanquecina que, mas brillante en el centro, se debilitaba hácia los bordes. Ocupaba esta masa $^1/_4$ de grado y semejaba en su conjunto á la luz de una bujía vista de lejos á través de una hoja córnea «similis fere splendor apparet, si á longinquo candela ardens per cornu pellucidum de noctu cernatur.» Simon Mario, se pregunta si esta singular estrella ha nacido recientemente, y no se atreve á contestar categóricamente; pero se sorprende mucho de que Ticho que ha contado todas las estrellas del Cinturon de Andrómeda, no haya hecho mencion de esta. Asi, en el *Mundus Jovialis*, publicado por vez primera en 1614, se estableció, como ya he tenido ocasion de advertirlo en otra parte (67), la diferencia entre las nebulosas irreductibles á los telescopios de que se disponia en aquella época, y los grupos estelares llamados por los Alemanes *Sternhaufen*,

por los Ingleses *Clusters*, á los cuales la aproximacion de un número infinito de pequeñas estrellas imperceptibles á simple vista dá una apariencia nebulosa. A pesar de la perfeccion considerable de los instrumentos de óptica, la nube de Andrómeda ha sido considerada durante tres siglos y medio por completamente vacía de estrellas, como en el tiempo en que fue descubierta. Hace solo tres años que del otro lado del Océano Atlántico, en Cambridge, Jorge Bond reconoció 1,500 pequeñas estrellas «within the limits of the nebula.» Aunque el núcleo de esta pretendida nebulosa no haya podido ser reducido todavía, no he vacilado en colocarla entre los grupos estelares (68).

Solo á una casualidad sorprendente puede atribuirse el hecho de que Galileo, que ya antes del año 1610, época en que apareció el *Sidereus Nuncius*, se habia ocupado muchas veces de la constelacion de Orion, mas tarde en su *Saggiatore*, cuando desde mucho tiempo podia conocer por el *Mundus Jovialis* el descubrimiento de una nebulosa sin estrellas en Andrómeda, no señala en todo el firmamento otras nebulosidades que las que pueden resolverse en grupos estelares, merced á los pequeños instrumentos de que se valia. Los objetos que llama «nebulose del Orione é del Presepe» no son para él mas que aglomeraciones (coacervazioni) de pequeñas estrellas en cantidad innumerable (69). Representa sucesivamente bajo los nombres inexactos de Nebulosæ Capitis, Cinguli et Ensis Orionis, grupos estelares en los cuales se gloriaba de haber hallado, sobre un espacio de 1 ó 2 grados, 400 estrellas, que hasta entonces no se habian contado. En cuanto á las nebulosas irreductibles no se ocupa de ellas en parte alguna. ¿Cómo pasó desapercibida para él la gran nebulosa de la Espada de Orion, ó si la ha observado, cómo no ha parado mientes en ella? Pero segun toda probabilidad, aun cuando este eminente observador no haya visto jamás ni los contornos irregu-

lares de la nube de Orion, ni la forma redondeada de las nebulosidades reputadas irreductibles, sus consideraciones generales acerca de la naturaleza interior de las nebulosas parecíanse mucho á aquellas hácia las cuales se inclinan hoy la mayoría de los astrónomos (70). Asi como Galileo, Hevelio que aunque se obstinó en determinar las posiciones de las estrellas sin el auxilio del telescopio, fue tambien un observador muy distinguido (71), no hace mencion en sus escritos de la gran nube de Orion. Su catálogo no contiene apenas mas de 16 nebulosas cuya posicion esté determinada.

En fin, en 1656, Huyghens descubrió la nebulosa de la Espada de Orion (72), que debia llegar á tener tan grande importancia por su estension, por su forma, por el número y la celebridad de los astrónomos que la observaron despues, y que suministró á Picard la ocasion de ocuparse de ella activamente veinte años mas tarde. En 1677, Edmundo Halley, durante su permanencia en Santa Elena, determinó las primeras nebulosas que se han observado en las regiones del hemisferio austral, invisibles en Europa. El amor que Juan Domingo Cassini tenia á todas las partes de la astronomía contemplativa, le decidió hácia fines del siglo XVII á estudiar mas detenidamente las nubes de Andrómeda y de Orion. Pensaba que desde las observaciones de Huyghens, la última de esas nubes habia cambiado de forma, y creia haber reconocido en la de Andromeda, estrellas imposibles de percibir con anteojos comunes. En cuanto al cambio de forma, era indudablemente una ilusion; pero no es posible, despues de las notables observaciones de Jorge Bond, negar de una manera absoluta la existencia de estrellas en la nebulosa de Andromeda. Cassini, guiado por consideraciones teóricas, habria presentido ya ese resultado, cuando al oponerse abiertamente á Halley y Derham, declaraba que todas las nebulosas son enjambres de estrellas

muy apartadas (73). Convenia en que el resplandor dulce y pálido que esparce la nube de Andromeda, es análogo á la luz zodiacal; pero pretendia que esta luz está formada por un número infinito de pequeños cuerpos *planetarios*, apretados entre si (74). La estancia de Lacaille, desde 1750 á 1752, en el hemisferio del Sud, en el cabo de Buena-Esperanza, en la isla de Francia y en Borbon, aumentó en tal proporcion el número de las nebulosas que, segun la observacion de Struve, conociéronse mejor en aquella época las nebulosas del cielo austral que las que son visibles en Europa. Lacaille intentó tambien con éxito clasificar las nebulosas segun su forma aparente. Fué así mismo el primero que trató de analizar la sustancia tan heterogénea de las dos Nubes de Magallanes, (Nubecula major et minor), pero sus esfuerzos en esto fueron menos felices. Si de otras nebulosas aisladas que observó Lacaille en número de 42, en el hemisferio austral, se restan 14 que fueron reconocidas tambien como verdaderos grupos estelares con telescopios de un pequeño aumento, quedan 28 por resolver, en tanto que Juan Herschell, provisto de instrumentos mas poderosos y dando por otra parte á sus observaciones mas esperiencia todavía y habilidad, llegó bajo la misma zona y sin comprender en ella mas que los grupos de estrellas ó *Clusters*, á descubrir 1,500 nebulosas.

Despojados de conocimientos suficientes y de observaciones personales, pero guiados por su imaginacion casi por iguales caminos, sin haberse puesto de acuerdo para ello, Lambert, á partir del año 1749, y Kant, desde 1755, razonaron con maravillosa penetracion acerca de las vias lácteas distintas, sobre las nebulosas y los grupos estelares arrojados como islas esporádicas en medio de los espacios celestes (75). Ambos se inclinaban á la teoría de la materia difusa (nebular Hypothesis), hácia la idea de un trabajo de produccion incesante en el mundo sideral, y la transformacion de la ne-

bulosidad cósmica en estrellas. De 1760 á 1769, el ingenioso Le Gentil, mucho tiempo antes de ponerse en camino, en la esperanza, fallida desgraciadamente dos veces seguidas, de observar los pasos de Venus por el Sol, dió un impulso nuevo al estudio de las nebulosas, por sus observaciones acerca de las constelaciones de Andromeda, de Sagitario y de Orion. Empleó un objetivo de Campani de 34 piés de longitud focal; este instrumento es uno de los que existen en el Observatorio de París. Completamente opuesto á las ideas de Halley y de Lacaille, de Kant y de Lambert, el ingenioso Juan Michell declaró, como Galileo y Domingo Cassini, que todas las nebulosas son grupos estelares, agregados de estrellas telescópicas muy pequeñas ó muy apartadas, cuya existencia no podrá menos de ser demostrada un dia con instrumentos mas perfectos (76). El conocimiento de las nebulosas debe á los trabajos pertinaces de Messier un aumento rápido, si se le compara á los lentos progresos que hemos puesto de manifiesto hasta aquí. Su Catálogo, que data de 1771, contenia 66 nebulosas nuevas, omitiendo las que ya habian sido descubiertas por Lacaille y por Mechain. Así, á fuerza de perseverancia, pudo en un observatorio montado con bastante pobreza, en el observatorio de la Marina establecido en el hotel de Cluny, duplicar el número de las nebulosas conocidas hasta entonces en ambos hemisferios (77).

Esos insignificantes principios fueron seguidos de la época brillante señalada por los descubrimientos de Guillermo Herschell y de su hijo. G. Herschell fué el primero que emprendió en el año 1779 el trabajo de revisar metódicamente, por medio de un reflector de 7 piés, todas las partes del Cielo ricas en nebulosas. En 1787, su telescopio gigantesco, de 40 piés de longitud, estaba concluido, y en los tres Catálogos que publicó sucesivamente en 1786, 1789 y 1802, comprobó la posicion de 2,500 nebulosas reducti-

bles ó irreductibles (78). Hasta 1785, y casi hasta 1791, ese gran observador parecia dispuesto, como lo habian estado Michel y Cassini, y hoy Rosse, á ver, en las nebulosas que no pudo lograr resolver, grupos de estrellas muy apartadas. Pero á fuerza de ocuparse de este asunto, llegó, entre 1799 y 1802, á participar de las ideas de Halley y de Lacaille, es decir, á la teoría de la materia difusa, y admitió tambien, con Ticho y Keplero, la hipótesis de la formacion de las estrellas por la condensacion sucesiva de la nebulosidad cósmica. Esas dos teorías no están, sin embargo, necesariamente unidas (79). Las nebulosas y los grupos de estrellas que habia observado G. Herschell, han sido sometidas á un nuevo exámen por su hijo, de 1825 á 1833. Juan ha enriquecido las antiguas tablas con 500 objetos nuevos, y ha publicado en las *Philosophical Transactions*, para el año 1833 (p. 365-481), un catálogo completo de nebulosas y de grupos estelares en número de 2,307. Ese gran trabajo comprende todo lo que habia podido ser descubierto en la Europa central; y durante los cinco años que siguen inmediatamente de 1834 á 1838, vemos á Juan, en el cabo de Buena-Esperanza, sondear con un reflector de 20 piés toda la parte del Cielo que puede abarcar, y añadir al catálogo de su padre un suplemento de 1,708 nebulosas (80). De las 629 nebulosas y grupos estelares observados por Dunlop en Paramatta, de 1825 á 1827, con un reflector de 9 piés, cuyo espejo tenia 9 pulgadas de diámetro, un tercio solamente ha pasado al trabajo de Juan Herschell (81).

Si quiere seguirse la historia de los descubrimientos de que han sido objeto esos cuerpos misteriosos, puede decirse que ha empezado una tercera época, con el admirable telescopio de 50 piés, construido bajo la direccion del conde de Rosse en Parsonstown (82). Todas las hipótesis que en el estado de incertidumbre en que flotaron largo tiempo las

opiniones, habian podido anticiparse á cada una de las fases por que pasara la ciencia, agitáronse de nuevo y con gran actividad, á propósito de la lucha entre la teoría de la materia difusa y la de la resolucion. Segun todo lo que he podido recoger de relaciones procedentes de astrónomos familiarizados desde mucho tiempo con las nebulosas, es evidente que un gran número de objetos escogidos al acaso y entre las varias clases del catálogo de 1833, casi todos han sido completamente resueltos (83). El doctor Robinson, director del Observatorio de Armagh, ha resuelto él solo mas de 40. Juan Herschell se espresa en este asunto del mismo modo en el discurso pronunciado en Cambridge, en 1845, en la apertura de la *British Association*, y en sus *Outlines of astronomy*, publicadas en 1839. «El reflector de lord Rosse, dice, ha reducido un número considerable de nebulosas que habian desafiado hasta aquí la fuerza penetrante de instrumentos mas pequeños: háse probado al menos que eran reductibles. Si existen todavía nebulosas que hayan resistido por completo á este poderoso telescopio cuya abertura no es menor de 6 piés ingleses (1^{m},83), puede sin embargo deducirse por analogía que no hay en realidad diferencia alguna entre las nebulosas y los grupos de estrellas (84).»

El constructor del poderoso aparato de Parsonstown, lord Rosse, distinguiendo cuidadosamente el resultado de observaciones positivas de lo que todavía no es mas que un motivo de legítima esperanza, se espresa con gran confianza acerca de la nebulosa de Orion, en una carta dirigida al profesor Nichol, de Glasgow, con fecha 19 de Marzo de 1846 (85). «Segun las observaciones á que nos hemos entregado acerca de esta célebre nebulosa, puedo afirmaros con toda seguridad que si queda todavía alguna duda respecto de la reductibilidad, esta duda será bien ligera. No nos ha sido posible, á causa del estado de

la atmósfera, aplicar mas que la mitad del aumento que posee el espejo, y sin embargo, hemos reconocido que toda la parte de la nube próxima al trapecio, se compone de una masa de estrellas. La otra parte de nube es igualmente rica en estrellas, y presenta todos los caractéres de la reductibilidad.» Mas tarde, sin embargo, en 1848, lord Rosse no estaba todavía en aptitud de anunciar la resolucion completa y efectiva de la nebulosa de Orion, y se limitaba siempre á atestiguar la esperanza de un pronto éxito.

Si en la discusion que se ha empeñado muy recientemente con motivo de la no-existencia á través de los espacios celestes de una materia nebulosa dotada de luz propia, quiere separarse lo que pertenece á la ciencia y lo que no es aun mas que la consecuencia probable de una induccion, puede adquirirse sin grandes esfuerzos la conviccion de que siempre creciendo la fuerza visual de los telescopios, el número de las nebulosas irreductibles disminuye en una proporcion rápida, sin que llegue por esta disminucion á desaparecer por completo. A medida que aumenta la fuerza de los telescopios, el último construido resolvia lo que no habia podido resolverse con el precedente. Pero al mismo tiempo, hay que decirlo, al menos hasta cierto punto, á medida que los telescopios penetran mas en el espacio, reemplazan las nebulosas que tenian reducidas anteriormente por otras á las cuales no se habia podido llegar hasta entonces (86). Así, resolucion de las antiguas nebulosas y descubrimiento de nebulosas nuevas que exigen á su vez un nuevo aumento de potencia óptica, es el círculo en que se suceden las cosas de una manera indefinida. ¿Podia ser de otra manera? Creo que en el caso contrario se necesitarian dos cosas: ó representar como limitado el mundo lleno por los cuerpos celestes, ó considerar las islas que lo adornan, una de las cuales nos sirve de mansion, como distantes entre sí, de tal ma-

nera, que ninguno de los telescopios por descubrir puedan alcanzar la orilla opuesta, y que nuestras últimas nebulosas se resuelvan en grupos de estrellas que, como las de la Via láctea, se proyecten sobre un fondo negro separado de toda nebulosidad (87). ¿Puede creerse que sea esta la estructura del mundo? ¿Y puede tenerse la seguridad de que los instrumentos de óptica lleguen nunca á adquirir fuerza bastante para no dejar sin descubrir ninguna nebulosa en la inmensidad del firmamento?

La hipótesis de un fluido dotado de luz propia que se presenta bajo la forma de nebulosas redondas ú ovaladas, de contornos claramente dibujados, no debe confundirse en modo alguno con la suposicion no menos hipotética de un éter que llenara todo el espacio y que sin ser propiamente luminoso propagara por sus ondulaciones la luz, el calor radiante y el electro-magnetismo (88). Las corrientes que parten del foco de los cometas y que forman las colas, llenan con frecuencia espacios inmensos, cortando las órbitas de los planetas que componen nuestro sistema solar, y estienden á través de esas órbitas su materia desconocida; pero esta materia, separada del núcleo que la produce, deja de ser perceptible para nosotros. Ya Newton admitia que vapores emanados del Sol, de las estrellas fijas y de la cola de los cometas, podian mezclarse con la atmósfera terrestre (89). En el anillo plano y nebuloso, que se conoce con el nombre de luz zodiacal, ningun telescopio ha podido descubrir nada que se parezca á estrellas. No se ha resuelto cosa alguna tampoco hasta el dia, acerca de si las partículas de que este anillo se compone reflejan la luz del Sol, ó si tienen luz propia, como sucede alguna vez en las nieblas terrestres (90). Domingo Cassini creia que la luz zodiacal estaba formada de un número infinito de pequeños cuerpos planetarios (91). Constituye una especie de necesidad del hombre la investigacion en todas las materias fluidas de las

partes moleculares distintas, como las pequeñas burbujas vacías ó llenas de que parecen estar formadas las nubes (92). Siguiendo la progresion decreciente que representa en nuestro sistema solar la densidad de los planetas, desde Mercurio hasta Saturno y Neptuno, y que, si se toma en ella por unidad la densidad de la Tierra, baja de 1,12 á 0,14, se llega á los cometas que dejan ver una estrella de débil brillo á través de sus capas esteriores; y de aquí tambien, por una pendiente insensible, á esas partes distintas todavía y tan poco densas, sin embargo, que casi es imposible determinar sus límites, cualesquiera que sean sus dimensiones. Estas consideraciones sobre la apariencia nebulosa de la luz zodiacal son precisamente las que mucho tiempo antes del descubrimiento de los pequeños planetas telescópicos comprendidos entre Marte y Júpiter, y antes tambien de las conjeturas acerca de los asteróides meteóricos, habian inspirado á Cassini la idea de que existen cuerpos celestes de todas las dimensiones y de todas las densidades. Tocamos aquí sin querer, por decirlo así, al antiguo debate promovido por la filosofía naturalista acerca de la existencia de un fluido primitivo y de moléculas distintas. Problema es este que pertenece mas bien al dominio de las ciencias matemáticas; apresurémonos, pues, á volver de nuevo al lado puramente objetivo de los fenómenos.

De las 3.926 posiciones determinadas, las 2.451 que están indicadas en los tres Catálogos publicados por G. Herschell, desde 1786 á 1802, y en el gran cuadro que insertó su hijo en las *Philosophical Transactions* para el año 1833, pertenecen á la parte del firmamento visible en Slough, que para abreviar denominaremos hemisferio septentrional; las otras, en número de 1.475, corresponden á la parte del hemisferio meridional visible en el cabo de Buena-Esperanza, y están consignadas en los Catálogos redactados en

Africa por Juan Herschell. En esos números, las nebulosas y los conjuntos estelares están mezclados indistintamente. Cualquiera que sea la analogía que exista entre esos objetos, he creido sin embargo deber distinguirlos con el fin de precisar mejor el estado de nuestros conocimientos actuales. Hallo en el Catálogo del hemisferio boreal 2.299 nebulosas y 152 conjuntos estelares; en el Catálogo del Cabo, 1.239 nebulosas y 236 conjuntos estelares (93). Así que, segun esos Catálogos, la suma de las nebulosas, no resueltas aun en estrellas, es de 3.538, número que puede elevarse á 4.000 si se cuentan de 300 á 400 nebulosas vistas por G. Herschell y cuya posicion no se ha determinado nuevamente (94), así como tambien las que observó Dunlop en Sumatra, con un reflector newtoniano de 9 pulgadas, que no constan en el Catálogo de Juan Herschell, y que son en número de 423 (95). Ultimamente, Bond y Mœdler han dado á conocer un resultado semejante. Puede decirse que en el estado actual de la ciencia, el número de nebulosas es al de las estrellas dobles como 2 es á 3, próximamente. Pero conviene no olvidar que bajo la denominacion de estrellas dobles, no están comprendidos los pares puramente ópticos, y que hasta hoy, las estrellas dobles en las cuales se ha observado un cambio de posicion relativa son al número total como 1 es á 9, ó quizás todo lo mas como 1 es á 8 (96).

Los números indicados mas arriba, á saber: 2.299 nebulosas y 152 conjuntos estelares en el Catálogo del Norte, 1.239 nebulosas y 236 conjuntos estelares en el Catálogo del Sud, prueban que existe en el hemisferio austral un número mayor de conjuntos estelares sobre un número menor de nebulosas. Si se admite que presenten todas las nebulosas naturaleza igualmente reductible, es decir, que no sean otra cosa mas que conjuntos estelares muy apartados en el espacio, ó grupos formados de cuerpos celestes muy

pequeños, menos amontonados y dotados de una luz propia, esta oposicion aparente cuya importancia debió señalar Juan Herschell, tanto mas cuanto que se sirvió en los dos hemisferios de reflectores igualmente poderosos, esta oposicion prueba, en mi sentir, por lo menos una diferencia sorprendente en la naturaleza de las nebulosas y en su distribucion á través de los espacios celestes, es decir, en las direcciones segun las cuales, las nebulosas de los dos hemisferios se manifiestan á los habitantes del globo (97).

Las primeras noticias exactas, y los primeros cálculos generales sobre la distribucion de las nebulosas y de los conjuntos estelares en toda la estension de la bóveda celeste, se deben tambien á Juan Herschell. Con el fin de examinar mejor su situacion, su abundancia relativa en los diferentes lugares, la probabilidad ó no probabilidad de su sucesion en ciertos grupos ó segun líneas determinadas, inscribió entre 3 ó 4 mil objetos, en una especie de cañamazo gráfico, en redes cuyos lados median 3° de declinacion y 15′ de ascension recta. La mayor acumulacion de nebulosas, se encuentra en el hemisferio boreal. Están estendidas á través del grande y pequeño Leo; el cuerpo, la cola y los piés de detrás de la Osa mayor; la nariz de la Girafa; la cola del Dragon; los dos Perros de caza; la cabellera de Berenice, cerca de la cual está situado el polo boreal de la Via láctea; el pié derecho del Vaquero, y sobre todo, á través de la cabeza, las alas y las espaldas de Virgo. Esta zona, á la cual se ha llamado region nebulosa de Virgo, contiene, como ya lo hemos observado, en un espacio que representa la octava parte de la esfera celeste, un tercio de la suma total de las nebulosas (98). Escede en poco al Ecuador; se estiende únicamente á partir del ala meridional de Virgo, hasta la estremidad de la Hidra y la cabeza del Centauro, á cuyos piés no llega, como tampoco á la Cruz del Sud. El cielo boreal contiene tambien una aglo-

meracion de nebulosas, que mas ó menos considerable, se estiende mas allá que la precedente en el hemisferio austral; Juan Herschell le dió el nombre de region nebulosa de Piscis, y forma una zona que partiendo de Andrómeda, la cual ocupa casi enteramente, se dirige hácia el pecho y las alas de Pegaso, hácia la banda que une ambos Piscis, hácia el polo austral de la Via láctea, y Fomalhaut. Esas regiones tan llenas, forman un contraste sorprendente con los espacios completamente vacíos de nebulosas, y por decirlo así desiertos, que comprenden: de una parte á Perseo, Aries, Tauro, la cabeza y la parte inferior del cuerpo de Orion; y de la otra, Hércules, el Aguila, y toda la constelacion de la Lira (99). Si guiándonos por el cuadro general de las nebulosas y de los conjuntos estelares del hemisferio meridional, es decir, de la parte del cielo visible en Slough, que redactó Juan Herschell segun las horas de ascension recta, dividimos el total en seis grupos de cuatro horas cada uno, se obtiene el resultado siguiente:

Ascension recta	0^h á 4^h	311
	4 á 8	179
	8 á 12	606
	12 á 16	850
	16 á 20	121
	20 á 0	239

Si se quiere hacer una division mas exacta, fundada en la declinacion septentrional y meridional, hállase que en las seis horas de ascension recta, de 9^h á 15^h, el hemisferio boreal contiene solo 1.111 nebulosas ó conjuntos de estrellas, repartidas del modo siguiente (100):

De 9^h á 10^h	90
10 á 11	150
11 á 12	251
12 á 13	309
13 á 14	181
14 á 15	130

Así el verdadero máximum para el hemisferio boreal, está entre 12^h y 13^h, es decir, muy cercano del polo Norte de la Via láctea. Mas lejos, entre 15^h y 16^h, frente á Hércules, el decrecimiento es tan brusco que de 130 se cae inmediatamente á 40.

En el hemisferio austral, el número de las nebulosas es menos considerable y la distribucion mucho mas uniforme. Espacios en los cuales no se descubre señal alguna de esos fenómenos, alternan con frecuencia con nubes esporádicas. Es preciso esceptuar una aglomeracion local, mas apretada aun que lo está en el cielo boreal la region nebulosa de Virgo: me refiero á las nubes de Magallanes, de las cuales la mayor contiene por sí sola 300 nebulosas. La region próxima á los polos está en los dos hemisferios vacía de nebulosas, y hasta la distancia de 15°, el polo Sud está mas desprovisto aun que el polo Norte, en la proporcion de 7 á 4. Existe cerca del polo Norte actual una pequeña nebulosa que dista de él únicamente 5'. Una nebulosa semejante inscrita en el Catálogo del Cabo, de Juan Herschell con el número 3.176, y denominada por él con razon Nebula polarissima australis, (asc. recta 9^h 27′ 56″, dist. al polo Norte 179° 34′ 14″), está aun á 25′ del polo Sud. Esto soledad del polo austral, la ausencia misma de una estrella polar pero perceptible á simple vista, era ya para Américo Vespucio y Vicente Yañez Pinzon objeto de amargas quejas, cuando hácia fines del siglo XV penetraron mucho mas allá del Ecuador hasta el promontorio de San Agustin, y Vespucio supuso falsamente que este bello pasaje del Dante «Io mi volsí a man destra 'e posi mente...» y este otro sobre las cuatro estrellas «Non viste mai fuor ch'alla prima gente,» se referian á las estrellas polares antárticas (1).

Hemos considerado hasta aquí en las nebulosas, su número y su distribucion sobre lo que se llama el firmamento;

distribucion puramente aparente que no debe confundirse en modo alguno con su distribucion real á través de los espacios celestes. Terminado este exámen, pasemos á las diferencias singulares que presentan sus formas individuales. Unas veces esas formas son regulares, y en ese caso son esféricas, elípticas en grados diferentes, anulares, planetarias ó semejantes á la fotósfera que envuelve una estrella; otras son irregulares y no menos difíciles de clasificar que las de las nubes acuosas que vagan en nuestra atmósfera. La forma normal de las nebulosas es la elíptica que puede llamarse esferoidal (2). En igualdad de aumento, cuanto mas se aproximan las nebulosas á la forma esférica, son mas fácilmente resolubles en estrellas. Cuando por el contrario, están muy comprimidas en un sentido y alargadas por el otro, la resolucion es mucho mas difícil (3). Hay frecuente ocasion de conocer que la forma redonda de las nebulosas se cambia gradualmente en una elipse prolongada (4). La condensacion de la nebulosidad lechosa se verifica siempre al rededor de un punto central, tambien alguna vez hay muchos centros ó núcleos. Las nebulosas dobles existen solamente entre las nebulosas redondas ú ovales. Como no puede distinguirse cambio alguno relativo de posicion entre los indivíduos que forman esos pares, en atencion á que ese cambio ó no existe ó es estraordinariamente lento, síguese de aquí que no hay criterio por medio del cual se pueda comprobar la realidad de esta relacion recíproca, como se distinguen las estrellas dobles físicamente de las que lo son solo ópticamente. Hay representaciones de estrellas dobles en las *Philosophical Transactions* para el año 1833 (fig. 68-71). Pueden consultarse tambien las obras de Herschell que tratan de este asunto, *Outlines of astronomy* (§ 878), y *Observations at the Cape of Good Hope* (§ 120).

Las nebulosas perforadas son una de las mas raras cu-

riosidades. Segun lord Rosse conócense en la actualidad 7 en el hemisferio boreal. La mas célebre de esas nebulosas anulares, que lleva el número 57 en el Catálogo de Messier, y el número 3,023 en el de Juan Herschell, está situada entre β y γ de la Lira, y fue descubierta en Tolosa por d'Arquier el año 1779, en el momento en que el cometa señalado por Bode se aproximó á la region que ocupa. Tiene proximamente la magnitud aparente del disco de Júpiter, y forma una elipse cuyos dos diámetros están en la relacion de 4 á 5. El interior del anillo, no es negro del todo, sino débilmente iluminado. Ya G. Herschell habia distinguido algunas estrellas en el anillo; lord Rosse y Bond lo resolvieron enteramente. (5). La parte vacía del anillo es, por el contrario, de un negro muy subido, en las bellas nebulosas perforadas del hemisferio austral que llevan los números 3,680 y 3,686. Ademas, la última no presenta la forma de una elipse sino la de un círculo perfecto. (6). Todas son probablemente conjuntos de estrellas en forma de anillo. A medida que aumenta la fuerza de los instrumentos, los contornos de las nebulosas elípticas, lo mismo que los de las nebulosas anulares, parecen en general menos perfectamente determinados. En el telescopio gigantesco de lord Rosse, el anillo de la nebulosa de la Lira presenta una elipse sencilla con apéndices nebulosos que semejan á hilos y siguen direcciones muy divergentes. Un hecho particularmente notable, es el de la transformacion de una nebulosa que, vista á través de los instrumentos mas débiles, era simplemente elíptica, y que cambió merced al telescopio de lord Rosse, en una nebulosa en forma de cangrejo (Crab-Nebula).

Las nebulosas planetarias, descubiertas por primera vez por Herschell padre, y que deben estar colocadas entre los mas maravillosos fenómenos celestes, son menos raras que las nebulosas perforadas. Sin embargo, segun Juan Hers-

chell, no existen mas de 25 de las cuales los $^3/_4$ pertenecen al hemisferio austral. Ofrecen una semejanza sorprendente con los discos de los planetas, y en su mayor parte son redondas ó un poco ovaladas. Unas veces los contornos están determinados claramente, otras envueltos en una niebla vaporosa. Los discos de muchas de ellas tienen un brillo dulce perfectamente uniforme; otras se hallan como manchados ó jaspeados ligeramente (mottled or of á peculiar texture; as if cardled); nunca se observa aumento alguno de intensidad hácia los centros. Lord Rosse ha comprobado que cinco de esas nebulosas planetarias, son nebulosas perforadas con una ó dos estrellas en medio. La mayor nebulosa planetaria, descubierta por Mechain en 1781, está colocada cerca de ^{6} de la Osa mayor. Su disco tiene un diámetro de 2′ 40″ (7). La nebulosa planetaria de la Cruz del Sud, que lleva en el *Viaje al cabo* de Juan Herschell, el número 3,365, tiene el brillo de una estrella de 6.ª ó de 7.ª magnitud, aunque su diámetro cuenta apenas 11″. Su luz es de color de añil, color que se encuentra, aunque en menor intensidad, en otros tres objetos de la misma forma (8). Esta apariencia de algunas nebulosas planetarias, no prueba que no estén compuestas de pequeñas estrellas; porque no solamente conocemos sistemas binarios cuya estrella principal y la compañera son azules, sino que existen tambien conjuntos estelares compuestos únicamente de estrellas azules, ó en los cuales esas estrellas están mezcladas con estrellas rojas y amarillas (9).

El problema de si las nebulosas planetarias son estrellas nebulosas muy apartadas, para las cuales la diferencia de brillo entre la estrella central y la atmósfera que la rodea, no podria ser percibida por los instrumentos de que disponemos, ha sido resuelto ya en el primer tomo de esta obra (10). Ojalá que pueda el telescopio gigantesco de lord Rosse proporcionarnos los medios de profun-

dizar la naturaleza sorprendente de esas nebulosidades planetarias. Si es de suyo difícil el formarse idea perfecta de las condiciones dinámicas segun las cuales, en un conjunto de estrellas de forma esférica ó esferoidal, los soles girando circularmente y apretados entre si de tal manera que los mas próximos al centro son tambien los mas densos específicamente, pueden formar un sistema en equilibrio (11), la dificultad aumenta tódavía para esas nebulosas planetarias de forma circular y perfectamente delimitada, cuyas partes todas ofrecen una claridad uniforme, sin aumento alguno de intensidad hácia el centro. Tal estado de cosas es menos factible de conciliar con la forma globular, que supone la aglomeracion de muchos millares de pequeñas estrellas, que con la hipótesis de una fotósfera gaseosa que se cree cubierta en nuestro Sol, por una capa de vapor poco espesa, no transparente ó cuando menos débilmente iluminada. ¿Es imposible admitir que en las nebulosas planetarias la claridad no parezca estendida con tanta uniformidad, solo porque la diferencia entre el centro y los bordes se desvaneciese en razon del alejamiento?

Las estrellas nebulosas de G. Herschell (Nebulous Stars) forman la cuarta y última clase de las nebulosas de forma regular. Son estas verdaderas estrellas rodeadas de una nebulosidad lechosa que seguramente se une al Sol central y depende de él. Esta nebulosidad que segun lord Rosse y Stoney, presenta exactamente en ciertos casos la apariencia de un anillo ¿tiene luz propia, y forma una fotósfera como en nuestro Sol? ó lo que es menos verosímil, ¿recibe su luz del Sol central? Existen respecto de esto opiniones muy diferentes. Derham y tambien hasta cierto punto Lacaille, que descubrió muchas nebulosas en el Cabo de Buena-Esperanza, creian que las estrellas están á una gran distancia de las nebulosas, sobre las cuales se proyectan. Mairan parece que fué el primero en emitir la opinion

de que las estrellas nebulosas están rodeadas de una atmósfera brillante que propiamente les pertenece (12). Hállanse tambien mayores estrellas, por ejemplo estrellas de 7.ª magnitud, como el número 675 del Catálogo de 1,333, cuya fotósfera tiene un diámetro de 2 á 3 minutos (13).

Las grandes masas nebulosas de forma irregular deben colocarse desde luego aparte de las nebulosas descritas hasta aquí, todas de figuras regulares ó cuando menos de contornos mas ó menos claramente indicados. Esas masas presentan las mas variadas formas y las menos simétricas; sus contornos están poco determinados y confusos. Son estos fenómenos misteriosos, á los cuales puede llamarse *sui generis* y que han dado sobre todos, vida á la hipótesis, segun la cual los espacios celestes estan llenos de una materia cósmica brillante por sí misma y semejante al substratum de la luz zodiacal. Esas nebulosas informes que cubren en la bóveda del Cielo espacios de muchos grados cuadrados, presentan un contraste sorprendente con una nebulosa de forma oval, la mas pequeña de todas las nebulosas aisladas, que tiene el brillo de una estrella telescópica de 14.ª magnitud, y se halla entre las constelaciones del Altar y del Pavo Real (14). No es posible encontrar dos nebulosas irregulares que se parezcan (15). Sin embargo, Juan Herschell, despues de observaciones de muchos años), las reconocia un carácter comun, el de estar todas situadas sobre los bordes ó á muy poca distancia de la Via láctea, y poder ser consideradas como emanaciones ó como fragmentos separados de ella. Por el contrario, las pequeñas nebulosas que tienen una forma regular y contornos generalmente limitados, están ó estendidas por toda la superficie del Cielo, ó reunidas á gran distancia de la Via láctea en regiones particulares, como por ejemplo, en el hemisferio austral, cerca de Virgo y de Piscis. Cierto es que no hay menos de 15° de distancia entre la gran nebulosa irregular de la

Espada de Orion y los bordes visibles de la Via láctea; pero quizá esta masa difusa pertenezca á la prolongacion de la rama de la Via láctea que partiendo de α y de ι de Perseo, va á perderse hácia Aldebarán y las Hyadas, y de la cual ya se ha hablado antes. Las estrellas mas bellas de la constelacion de Orion, á las cuales debe su antigua celebridad, forman parte de la zona que comprende las mas grandes estrellas, y probablemente las mas próximas tambien de nosotros, y cuya prolongacion puede indicar un arco del círculo mayor pasado por de Orion y α de la Cruz en el hemisferio austral (16).

La opinion muchomas antigua y muy esparcida, segun la cual una via láctea de nebulosas corta casi en ángulo recto la Via láctea de las estrellas (17), no ha sido en manera alguna confirmada por observaciones nuevas y mas exactas acerca de la distribucion de las nebulosas regulares á través del firmamento (18). Existen sin duda, como ya he señalado, aglomeraciones de nebulosas hácia el polo Norte de la Via láctea; tambien se ve gran número de ellas hácia el polo Sur, cerca de Piscis; pero numerosas interrupciones no permiten decir que una zona de nebulosas forman un gran círculo de la esfera, reune estos dos polos. En 1784, G. Herschell habia espuesto dicha conjetura al final de su primer Tratado sobre la Estructura del Cielo; pero tuvo cuidado de presentarla como dudosa, y con la reserva que convenia á tan grande observador.

Entre las nebulosas irregulares, las unas, tales como las de la Espada de Orion, de η de Argos, del Sagitario y del Cisne, son notables por sus estraordinarias dimensiones; otras, las que, por ejemplo, tienen los números 27 y 51 en el Catálogo de Messier, lo son por lo raro de su forma.

En lo que concierne á la gran nebulosa de la Espada de Orion, ya he hecho observar que Galileo, que se ocupó largo tiempo de las estrellas comprendidas entre el Ta-

halí y la Espada, y que hasta levantó un mapa de esta region, no la menciona (19). La nebulosa que él llama Nebulosa Orionis, y que ha representado con la Nebulosa Præsepe, es, segun su declaracion espresa, un conjunto de estrellitas amontonadas (stellarum constipatarum), situado en la cabeza de Orion. En el dibujo que dió en su *Sidereus nuncius* (§ 20) y que abraza el espacio comprendido entre el Tahalí y el principio del Hombro derecho (α de Orion), reconocí, encima de la estrella ι, la estrella multiple θ. La fuerza amplificativa de los instrumentos empleados por Galileo variaba de 8 á 30 veces. Como la nebulosa de la Espada de Orion no está aislada, y como vista á través de los telescopios insuficientes ó de una atmósfera muy poco transparente, forma una especie de aureola alrededor de la estrella θ, no es de estrañar que su figura y su existencia individual hayan escapado al gran observador florentino, que, por lo demás, creia poco en las nebulosas (20). En 1656, 24 años despues de la muerte de Galileo, fué cuando Huyghens descubrió la nebulosa de Orion. Dió de ella una imágen grosera en su *Systema Saturnium*, publicado en 1659: «Cuando yo observaba, dice este gran hombre, á través de un refractor de 23 pies de longitud focal, las bandas variables de Júpiter, la mancha oscura que se acerca al Ecuador de Marte, y algunos otros detalles poco visibles, particulares á este planeta, noté en las estrellas fijas un fenómeno que, á mi entender, nadie habia señalado todavía, y no podia ser reconocido exactamente sino con ausilio de los grandes telescopios de que yo me sirvo. Los astrónomos han contado en la Espada de Orion tres estrellas muy cercanas entre sí. Cuando en 1656 observé por casualidad aquella de entre estas estrellas que ocupa el centro del grupo, en lugar de una descubrí 12 resultado que por lo demás no es raro obtener con los telescopios. De estas estrellas habia tres que, como

las primeras, casi se tocaban, y otras cuatro parecian brillar á través de una nube, de tal modo que el espacio que las rodeaba semejaba mucho mas luminoso que el resto del Cielo, que estaba sereno y enteramente negro. Hubiérase creido fácilmente que existia allí una grieta en el Cielo, que abria sobre una region mas brillante. Despues, y hasta la fecha, he vuelto á ver el mismo fenómeno, sin cambio alguno; de manera que este prodigio, cualquiera que sea, parece estar fijado allí para siempre. Nunca observé nada parecido en las otras estrellas fijas.» De suerte, que Huyghens no conocia tampoco la nebulosa de Andrómeda, descubierta 54 años antes por Simon Mario, ó le habia prestado poco interés. «Las pretendidas nebulosas, añade aun Huyghens, y la misma Via láctea, no manifiestan ninguna señal de nebulosidad, y no son otra cosa que conjuntos de estrellas amontonadas (21).» Esta primera descripcion tan viva, prueba la fuerza y lo reciente de la impresion que habia recibido Huyghens. ¡Pero qué diferencia entre la representacion gráfica que dió de este fenómeno á mediados del siglo XVII, ó las figuras ya un poco menos imperfectas, cierto, de Picard, de Le Gentil y de Messier, y los admirables dibujos publicados en 1837 por Juan Herschell, y en 1848 por G. Cranch Bond, director del Observatorio de Cambridge, en los Estados-Unidos (22)!

Juan Herschell tuvo la preciosa ventaja de observar despues del año 1834, provisto de un reflector de 20 pies, la nebulosa de Orion, en el cabo de Buena-Esperanza, á una altura de 60° (23), y pudo corregir todavía el dibujo que habia hecho de 1824 á 1826 (24). Al mismo tiempo determinó, cerca de θ de Orion, la posicion de 150 estrellas comprendidas en su mayoría entre la 15.ª y 18.ª magnitud. Forman el célebre trapecio que no está rodeado de ninguna nebulosidad, 4 estrellas de 4.ª, 6.ª, 7.ª y 8.ª magnitud. La cuarta estrella la descubrió

en Bolonia Domingo Cassini, en 1666, segun la creencia general (25); la quinta (γ') lo fué en 1826 por Struve; la sesta (α'), de 13.ª magnitud, en 1832 por Juan Herschell. El director del Observatorio del *Collegio romano*, de Vico, ha declarado haber reconocido con ayuda de su gran reflector de Cauchoix, otras 3 estrellas en el interior mismo del trapecio, á principios de 1839. Estas estrellas no han sido vistas ni por Herschell, hijo, ni por G. Bond. La parte nebulosa mas cercana del trapecio que no ofrece por sí misma casi ninguna señal de nebulosidad, la Regio Huygeniana, que forma la parte anterior de la cabeza, encima de la boca, es tachonada, de testura granular, y ha sido resuelta en conjuntos estelares por el telescopio de lord Rosse, y tambien por el gran refractor de Cambridge, en los Estados-Unidos (26). Entre los observadores modernos, Lamont en Munich, Cooper y Lassell en Inglaterra, han determinado tambien en esta nebulosa la posicion de muchas estrellitas. Lamont ha empleado para este uso un poder aumentativo de 1,200 veces. G. Herschell creia haber adquirido la certeza, comparando entre sí las observaciones que hizo de 1783 á 1811, siempre con los mismos instrumentos, de que el brillo y los contornos de la gran nebulosa de Orion estaban sujetos á cambios (27). Boulliaud y Le Gentil habian espresado la misma opinion respecto á la nebulosa de Andrómeda. Los profundos esperimentos de Juan Herschell han hecho estremadamente dudosos por lo menos estos cambios cósmicos, que se tenian por ciertos.

Gran nebulosa de η de Argos.—Está situada en esa region de la Via láctea, tan notable por su magnífico brillo, que, partiendo de los piés del Centauro, atraviesa la Cruz del Sud, y se estiende hasta el centro de la Nave. El esplendor de esta region celeste es de tal manera estraordinario, que el capitan Jacob, observador exacto, y naturaliza-

do con las comarcas tropicales de la India, hace la observacion, perfectamente de acuerdo con los resultados á que he llegado yo mismo despues de una esperiencia de cuatro años, de que sin levantar la vista hácia el Cielo, adviértese por un acrecentamiento súbito de la luz que la Cruz se eleva en el horizonte, y con ella la zona que le acompaña (28). La nebulosa en medio de la cual se halla η de Argos, que se ha hecho tan célebre por los cambios de intensidad de su luz, cubre sobre la bóveda celeste mas de $^4/_7$ de un grado cuadrado (29). Dividida en varias masas irregulares y despidiendo una luz desigual, la nebulosa no presenta nunca esa apariencia tachonada y granular que pudiera hacerla creer reductible. Contiene un espacio vacío de forma oval, sobre el cual está esparcida una luz muy débil. Juan Herschell, despues de dos meses invertidos en mediciones, ha dado en su *Viaje al Cabo* un bello dibujo del fenómeno entero (30), y determinado en la nebulosa de η de Argos hasta 1,216 posiciones de estrellas, comprendidas en su mayoría entre la 14.ª y la 16.ª magnitud. Estas estrellas forman una série que, escediendo en mucho la nebulosidad, va á juntarse con la Via láctea, en la cual se proyectan y se destacan sobre el fondo absolutamente negro del Cielo. No tienen, por consiguiente, ninguna relacion con la nebulosa misma, y están indudablemente muy alejadas de ella. Toda la parte cercana de la Via láctea es por otra parte tan rica, no en conjuntos estelares, sino en estrellas, que entre $9^h\ 50'$ y $11^h\ 34'$ de ascension recta, se halló, sondando el Cielo con auxilio del telescopio (Star-gauges), un término medio de 3,138 estrellas por cada grado cuadrado. Este número para $11^h\ 34'$ de ascension recta, se eleva hasta 5,093. Suma que da, para un solo grado, mas estrellas que las que se pueden percibir á simple vista en el horizonte de París ó en el de Alejandría (31).

Nebulosa del Sagitario.—Esta nebulosa, de una estension considerable, parece formada de cuatro masas distintas (as. rect. 17^h 53′, dist. al polo Norte 114° 21′). Una de esas masas se divide á su vez en tres partes. Todas están interrumpidas por lugares desprovistos de nebulosidad. El conjunto de la nebulosa habia ya sido visto, aunque de una manera imperfecta, por Messier (32).

Nebulosa del Cisne.—Se compone de muchas masas irregulares, una de las cuales forma una banda muy estrecha, que atraviesa la estrella doble η del Cisne. Mason fué el primero que reconoció la conexion que establece entre esas masas desiguales su trama singular, bastante parecida á la de las celdas (33).

Nebulosa del Zorro.—Messier la vió imperfectamente, y la incluyó en su Catálogo con el núm. 27. Se descubrió accidentalmente, mientras que se observaba el cometa de Bode de 1779. La determinacion exacta de la posicion (asc. rect. 19° 52′, dist. al polo Norte 67° 43′), y los primeros dibujos que de ella se hicieron se deben á Juan Herschell. Esta nebulosa, de forma regular, recibió en un principio el nombre de *Dumb-bell* por razon del aspecto que presentaba vista con un reflector de 18 pulgadas de abertura. Llámanse *Dum-bell*, en Inglaterra, masas de hierro emplomadas y revestidas de cuero, que se emplean para dar mas fuerza y elasticidad á los músculos. Un reflector de 3 piés de lord Rosse ha destruido esta apariencia (34). La nebulosa del Zorro ha sido resuelta por el mismo instrumento en gran número de estrellas; pero esas estrellas han permanecido siempre mezcladas de materia nebulosa. Puede verse una reciente y muy curiosa reproduccion de la nebulosa del Zorro en las *Philosophical Transactions* para el año 1850 (lam. XXXVIII, fig. 17).

Nebulosa en espiral del Perro de caza septentrional.—Esta nebulosa, señalada por Messier el 13 de Octubre de

1773, con motivo del cometa que habia descubierto, está colocada en la oreja izquierda de Asterion, muy cerca de η (Benetnasch) que forma parte de la cola de la Osa mayor. Lleva el núm. 51 de la lista de Messier y el núm. 1,662 en el gran Catálogo de las *Philosophical Transactions* (1833, p. 496, fig. 25). Es uno de los fenómenos mas notables que presenta el firmamento, en razon á su configuracion particular, y de la metamórfosis que la hace sufrir el telescopio de 6 piés ingleses de lord Rosse. En el reflector de 18 pulgadas de Juan Herschell, esta nebulosa parecia de forma esférica y rodeada á alguna distancia de un anillo aislado á modo de nuestro conjunto lenticular de estrellas, y el anillo formado por la Via láctea (35). El gran telescopio de Parsonstown ha cambiado todo esto en una especie de caracol, en una espiral brillante, de repliegues desiguales, y cuyas dos estremidades, es decir, el centro y la parte esterior, están terminadas por fuertes nudos granulares y redondeados. El doctor Nichol publicó un dibujo de esta nebulosa que fué presentado por lord Rosse al Congreso científico de Cambridge de 1845 (36); pero la pintura mas exacta es la que dió Johnstone Stoney en las *Philosophical Transactions* para el año 1850 (1.ª parte, lam. XXXV, fig. 1). El núm. 99 de Messier presenta tambien la imágen de una espiral, con la única diferencia de que tiene un solo nudo en el centro. La misma forma se encuentra tambien en otras nebulosas del hemisferio boreal.

Réstame tratar mas detalladamente que lo he podido hacer al trazar el Cuadro de la naturaleza (37), de un objeto único en el mundo de los fenómenos celestes, y que aumenta el encanto pintoresco del hemisferio austral, á la gracia del paisaje. Las dos nubes de Magallanes, que probablemente recibieron primero de pilotos Portugueses, luego de los Holandeses y Daneses, el nombre de Nubes del Cabo (38), cautivan la atencion del viajero (ha-

blo por esperiencia), por su brillo, por el aislamiento que las hace resaltar mas y por la órbita que describen simultáneamente alrededor del polo Sud, aunque á distancias desiguales. Su nombre actual, que tiene evidentemente por orígen el viaje de Magallanes, no es el primero con que se las ha designado, segun lo que resulta de la especial mencion y de la descripcion que hizo de la traslacion circular de esas nubes luminosas, el Florentino Andrea Corsali, en su Viaje á Cochinchina, y el secretario de Fernando de Aragon, Pedro Martin de Anghiera, en su libro *de Rebus oceanicis et Orbe novo* (dec. I, lib. IX, p. 96) (39). Esas dos indicaciones pertenecen al 1515, y diez años despues, ya el compañero de Magallanes, Pigafetta, habla de las *nebiette* en su Diario de viaje, en el momento en que el navío *Victoria* salia del estrecho de Patagonia para entrar en el mar del Sud. El antiguo nombre de Nubes del Cabo no puede proceder de la constelacion del Monte de la Tabla, que está cerca de esas nubes y mas próximo aun del polo, puesto que la denominacion de Monte de la Tabla fué introducida por primera vez por Lacaille. Procederia mas bien de la verdadera montaña de la Tabla y de la pequeña nube que domina la cumbre, y fué mirada con espanto durante mucho tiempo por los marineros como anuncio de tempestad. Bien pronto veremos que las dos Nubes de Magallanes, observadas mucho tiempo en el hemisferio del Sud antes de recibir un nombre, obtuvieron sucesivamente varios, tomados de las vias que habia adoptado el comercio, á medida que la navegacion se estendió y que reinó una actividad mayor en estas vias.

El movimiento de la navegacion en el mar de la India, que baña las costas occidentales del Africa, familiarizó muy pronto á los marinos con las constelaciones próximas al polo Antártico, particularmente á partir del reino de los Lagidas, y desde que se aprendió á regularse por los monzones.

Desde mediados del siglo X, encuéntrase entre los Arabes, como he dicho ya, un nombre que sirve para designar la mayor de las nubes magallánicas, cuya identidad con el Buey Blanco (el-Bakar) del célebre derviche Abdurrahman Sufi, de Rai, ciudad del Irak persa, demostró Ideler. En la introduccion del libro titulado «Conocimiento del Cielo estrellado,» Abdurrahman se espresa en estos términos: «A los piés de Suhel, existe una mancha blanca que no se distingue ni en el Irak, es decir, en la comarca de Bagdad, ni en Nedschs (Nedjed), parte la mas septentrional y montañosa de la Arabia; pero que es visible en el Tchama meridional, entre la Meca y la punta del Yémen, á lo largo de las costas del mar Rojo (40).» Esplícitamente se habla en ese pasaje del *Suhel* de Tolomeo, es decir, de Canopea, aunque los astrónomos árabes llaman igualmente *Suhel* á muchas grandes estrellas de la Nave (el-Sefina). La posicion del Buey Blanco, relativamente á Canopea, está indicada aquí con tanta exactitud como podria serlo á simple vista, porque la ascension de Canopea es de 6^h 20′, y la del estremo oriental de la gran nube magallánica de 6^h 0′. La visibilidad de la Nubécula major en las latitudes septentrionales no ha podido ser modificada sensiblemente desde el siglo X, por la precesion de los equinocios, puesto que en los nueve siglos que han seguido ha adquirido el máximum de su distancia al polo Norte. Si se admite la nueva determinacion del lugar de la gran Nube de Magallanes, de Juan Herschell, es necesario deducir de ella que en tiempo de Abdurramam Sufi era visible en su totalidad hasta los 17° de latitud Norte; hoy lo es hasta los 18° proximamente. Las Nubes del Sud podian ser vistas, por consiguiente, en toda la parte Sud-oeste de la Arabia y en el Hadramaut, el país del incienso, así como en el Yémen, donde florecia la civilizacion de Saba, y que recibió la antigua inmigracion de los Yoctanidas. La formacion de muchos establecimientos árabes en las costas orientales del

Africa, en las regiones intertropicales, al Norte y al Sud del Ecuador, debió servir tambien para estender nociones mas exactas acerca de las constelaciones del cielo austral.

Los primeros pilotos civilizados que visitaron las costas occidentales del Africa mas alla de la línea, fueron europeos, particularmente Catalanes y Portugueses. Documentos incontestables, tales como el planisferio de Marino Sanuto Torsello (1306), la obra genovesa conocida con el nombre de *Portulano mediceo* (1351), el *Planisferio de la Palatina* (1417) y el *Mappamondo* de fra Mauro Camaldolese (desde 1457 á 1459) prueban que 178 años antes del pretendido descubrimiento del Cabo de las Tormentas, ó Cabo de Buena Esperanza, hecho por Bartolomé Diaz en el mes de Mayo de 1487, era ya conocida la configuracion triangular de la estremidad meridional del continente africano (41). Si se piensa en la importancia nueva y siempre creciente que tomó este camino comercial á consecuencia de la espedicion de Gama y del fin comun de todos los viajes realizados á lo largo de las costas del Africa, parece natural que los pilotos hayan dado el nombre de *Nubes del Cabo* á las dos nebulosidades que en cada viaje al Cabo, los sorprendieron como notables fenómenos.

Los perseverantes esfuerzos intentados para salvar el ecuador á lo largo de las costas orientales de la América, y penetrar hasta la punta meridional del continente, desde la espedicion de Alonso de Ojeda y de Américo Vespucio en 1455, hasta la de Magallanes y de Sebastian del Cano en 1521, y la de García de Loaysa y de Francisco de Hoces en 1525 (42), habian llamado constantemente la atencion de los navegantes hácia las constelaciones del Sud. Segun los diarios de viajes que hoy tenemos y que están confirmados por los testimonios históricos de Anghiera, asi aconteció realmente, sobre todo en el viaje de Américo Vespucio, y de Vicente Yañez Pinzon, que produjo el descubrimiento

del cabo de San Agustin, á 8° 20′ de latitud austral. Vespucio se gloría de haber visto 3 Canopi, uno de ellos oscuro, Canopo fosco, 2 Canopi risplendenti. El ingenioso autor de las obras acerca de los nombres de las Estrellas y sobre la Cronología, Ideler, se esforzó en el esclarecimiento de la confusa descripcion hecha por Américo Vespucio en su carta á Lorenzo Pierfrancesco de Medicis: resulta de ella que Vespucio empleó la palabra *Canopus* en un sentido tan indeterminado como el *Suhel* de los astrónomos árabes. Ideler demuestra que el Canopo fosco nella via lattea, no es otra cosa que la mancha negra ó el gran *saco de Carbon* de la Cruz del Sud, y que la posicion asignada por Vespucio á 3 estrellas resplandecientes, en las que se creyó reconocer α, β y γ de la pequeña Hidra, hace muy verosímil la opinion de que el Canopo risplendente di notabile grandezza es la Nubecula major, y el otro Canopo risplendente, la Nubecula minor (43). Hay motivo para admirarse de que Vespuciono haya comparado esos nuevos fenómenos celestes á nubes, como lo hicieron á primera vista todos los demás observadores. Podria presumirse que esta comparacion debió ofrecerse irremisiblemente al espíritu. Pedro Mártir Anghiera, que conocia personalmente á todos los grandes navegantes de esta época, y cuyas cartas están escritas bajo la impresion muy viva aun de sus narraciones, pinta de manera que no deja lugar á duda el brillo dulce, pero desigual de las Nubeculæ: «Assecuti sunt Portugalenses alterius poli gradum quinquagesimum amplius, ubi punctum (Polum?) circumeuntes *quasdam nubeculas* licet intueri veluti in lactea via sparsos fulgores per universi cœli globum intra ejus spatii latitudinem (44).» El brillante renombre y la duracion de la circumnavegacion de Magallanes, que empezada en el mes de agosto de 1519, no fué concluida hasta el mes de setiembre de 1522, la larga estancia de un numeroso equipaje bajo el cielo austral, oscureció el recuerdo de todas las observacio-

nes anteriores, y el nombre de las Nubes de Magallanes se estendió entre todas las naciones marítimas que pueblan las costas del mar Mediterráneo.

He demostrado con un solo ejemplo, como el ensanche del horizonte geográfico hácia las regiones del Sud, habia abierto un nuevo campo á la astronomía de observacion. Cuatro objetos sobre todo, debieron escitar bajo este nuevo cielo la curiosidad de los pilotos: la investigacion de una estrella polar austral; la forma de la Cruz del Sud, que ocupa una posicion perpendicular cuando pasa por el meridiano del lugar donde está colocado el observador; los Sacos de Carbon y las nubes luminosas que circulan alrededor del polo. Leemos en el *Arte de navegar* de Pedro de Medina (lib. V, cap. 11), que, publicado por primera vez el año 1845, fué traducido á muchas lenguas, que desde mediados del siglo XVI, se usaban para la determinacion de la latitud, las alturas meridianas del *Crucero*. Despues de satisfecha la observacion de esos fenómenos se creyó deber apresurarse á medirlos. El primer cálculo acerca de la posicion de las estrellas cercanas al polo antártico, fué hecho por medio de las distancias angulares, tomadas á partir de estrellas conocidas, cuyo sitio habia sido determinado por Ticho, en las Tablas Rudolfinas. Pertenece este primer trabajo, como ya he hecho notar (45), á Petrus Theodori de Emden y al Holandés Federico Houtman, que navegaba por el mar de la India hácia el año de 1594. Los resultados de sus medidas hallaron lugar bien pronto en los catálogos de estrellas y en los globos celestes de Blaeuw (1601), de Bayer (1603) y de Pablo Mérula (1605). Tales son hasta Helley (1677) y hasta los grandes trabajos astronómicos de los jesuitas Juan de Fontaney, Michaud y Noël, los débiles principios que sirvieron de fundamentos á la tipografía del cielo austral. Asi la historia de la Astronomía y la historia de la Geografía, unidas entre sí

por estrechos lazos, nos traen á la memoria juntamente las épocas memorables que, desde 250 años apenas, prepararon el resultado de poder reproducir de una manera exacta y completa la imágen cósmica del firmamento como tambien los contornos de los continentes terrestres.

Las Nubes de Magallanes, de las cuales la mayor ocupa 42 grados y la mas pequeña 10 grados cuadrados de la bóveda celeste, producen á simple vista, y á su primer momento la misma impresion que producirian dos porciones separadas y de igual magnitud de la Via láctea. En un instante de Luna despejada, la pequeña nube desaparece por completo, la otra únicamente pierde parte aunque considerable de su brillo. El dibujo que hizo de esas nubes Juan Herschell es escelente y se conforma de un modo maravilloso con los recuerdos mas vivos que conservo de mi estancia en el Perú. A las laboriosas observaciones hechas en 1837 por este observador, en el Cabo de Buena Esperanza, debe la Astronomía el primer análisis exacto de esa agregacion singular de los elementos mas diversos (46). Juan Herschell ha reconocido allí gran número de estrellas aisladas, en jambres de estrellas y grupos estelares de forma esférica, asi como tambien nebulosas regulares ó irregulares y mas apretadas que lo están en la zona de Virgo y en la cabellera de Berenice. La multiplicidad de esos elementos no permite considerar las Nubeculas, segun se ha hecho con frecuencia, como nebulosas de una dimension estraordinaria, ni como partes separadas de la Via láctea. Los grupos globulares y sobre todo las nebulosas ovales, están diseminadas con mucha claridad en la Via láctea, á escepcion de una pequeña zona comprendida entre el Altar y la Cola de Escorpion (47).

Las Nubes de Magallanes no están ligadas ni entre sí ni con la Via láctea por ninguna nebulosidad perceptible. Aparte de la proximidad del grupo estelar del Tucan (48),

la mas pequeña está colocada en una especie de desierto. El espacio ocupado por la otra no se muestra tan completamente desprovisto de estrellas. La estructura y la configuracion interior de la Nubecula major son complicadas de tal manera, que se encuentran en ella, como en el número 2,878 del catálogo de Herschell, masas que reproducen con exactitu del estado de agregacion y la forma de la nube entera. La conjetura del sabio Horner respecto á que las nubes de Magallanes habrian formado parte en otro tiempo, de la Via láctea en donde le parece que aun puede reconocerse todavía el lugar que ocupaban, es locura, como lo es otra hipótesis segun la cual esas nubes han cambiado de posicion desde la época de Lacaille, y hecho un movimiento de avance. Habíase fijado desde luego su situacion de una manera inexacta á causa de la poca precision de sus contornos vistos á través de los telescopios de pequeña abertura. Juan Herschell hace notar que sobre todos los globos celestes y sobre todos los mapas siderales, la Nubecula minor no está en su lugar y que el error es próximamente de una hora de asc. recta. Segun él, la Nubecula minor se halla situada entre los meridianos de 0^h 28′ y 1^h 15′, y entre 162° y 165 de distancia al polo Norte; la Nubecula major entre 4^h 40′ y 6^h 0′ de ascension recta, y entre 156° y 162° de distancia al polo Norte. En la primera no ha determinado en ascension recta y en declinacion menos de 919 objetos distintos, estrellas, nebulosas y conjuntos estelares; y 244 en la segunda. Esos objetos deben estar distribuidos como sigue:

Nubec. maj.	582	estrellas,	291	nebulosas,	46	grupos	estelares.
Nubec. min.	200	—	37	—	7	—	—

La inferioridad numérica de las nebulosas en la pequeña nube es sorprendente. Relativamente están con las nebulosas de la gran nube en la relacion de 1 á 8, mientras

que las estrellas aisladas se encuentran en la de 1 á 3. Esas estrellas inscritas en los catálogos en número de cerca de 800, son en su mayor parte de 7.ª y 8.ª magnitud; algunas de la 9.ª y aun de la 10.ª En medio de la gran nube existe una nebulosa señalada ya por Lacaille (n.° 30 de la Dorada, Bode; n.° 2,941 de Juan Herschell), y que no tiene igual en toda la superficie del Cielo. Esta nebulosa ocupa apenas $^1/_{300}$ del área de la nube, y ya Juan Herschell ha determinado en este espacio la posicion de 105 estrellas de 14.ª, de 15.ª y de 16.ª magnitud, proyectada sobre un fondo nebuloso cuyo brillo uniforme no se altera por nada, y que ha resistido hasta aquí á los mas poderosos telescopios (49).

Cerca de las Nubes de Magallanes, pero á mayor distancia del polo Sud, están situadas las manchas negras que hácia fines del siglo XV y principios del XVI, llamaron desde luego la atencion de los pilotos portugueses y españoles; probablemente comprendidas, como ya se ha dicho, entre los tres *Canopi* de que habla Vespucio en la Relacion de su tercer viaje. El primer indicio de estas manchas lo encuentro en la obra de Anghiera, *de Rebus oceanicis* (Dec. 1, lib. 9, p. 20, b. ed. 1533): «Interrogati a me nautæ qui Vicentium Aguem Pinzonum fuerant comitati (1449) an antarcticum viderint polum: stellam se nullam huic arcticæ similem, quæ discerni circa punctum (polum?) possit, cognovisse inquiunt. Stellarum tamen aliam aiunt se prospexisse faciem densamque quamdam ab horizonte vaporosam caliginem, quæ oculos fere obtenebraret.» La palabra Stella está tomada aquí en el sentido general de fenómeno celeste, y por otra parte, es posible que los marineros interrogados por Anghiera no se espresaran bien claramente respecto de esta oscuridad (caligo) que parecia herir de ceguedad. El Padre José Acosta de Medina del Campo ha marcado en términos mas satisfactorios las manchas negras y la causa de tal fenómeno, en su *Historia na-*

tural de las Indias (lib. 1, cap. 2.°), y las compara con relacion á su forma y color, con la parte oscura del disco de la Luna. «Del mismo modo, dice, que la Via láctea es mas brillante porque está compuesta de una materia celeste mas densa, de donde por esta razon irradia mas luz; así tambien las manchas negras que no pueden verse en Europa están desprovistas de luz, porque forman en el Cielo una region vacía, es decir, compuesta de una materia muy sútil y muy trasparente.» Un célebre astrónomo ha creido reconocer en esta descripcion las manchas solares (50); cosa ciertamente que no es menos estraña, que ver en 1689, al misionero Richaud tomar las *manchas negras* de Acosta por las nubes luminosas de Magallanes (51).

Por otra parte, Richaud, como los primeros pilotos que hicieron mencion de esos objetos, habla de los *Sacos de Carbon* (coal-bags) en plural. Cita dos; el mayor en la Cruz y otro en Robur Caroli, que ciertos observadores han dividido en dos manchas distintas. Feuillée, en los primeros años del siglo XVIII, y Horner en 1804, en una carta dirigida desde el Brasil á Olbers, representaron esas dos manchas del Robur Caroli, como de una forma indecisa y de contornos mal precisados. (52). Yo no pude durante mi estancia en el Perú llegar á fijar mis dudas acerca de los Sacos de carbon del Robur Caroli, y como me sentia inclinado á atribuir esa falta de éxito á la poca altura de la constelacion, quise ilustrarme respecto de este punto de Juan Herschell y del director del observatorio de Hamburgo, Rumker, que habian estado bajo latitudes mucho mas meridionales que yo. A pesar de sus esfuerzos no pudieron determinar mejor la forma de los contornos ni la intensidad luminosa de esas dos manchas. No lograron comparar en este sentido los resultados obtenidos para los Sacos de carbon de la Cruz. Juan Herschell cree que no pueden distinguirse muchos Sacos de carbon, á menos que se consi-

deren como tales todas las manchas oscuras del Cielo que no están delimitadas, como las que se encuentran entre α del Centauro de una parte, β y γ del Triángulo de la otra (53), entre η y θ de Argos, y sobre todo en el hemisferio boreal, en el sitio en donde la Via láctea deja un espacio vacío entre ε, α y γ del Cisne (54).

La mancha negra de la Cruz del Sud, la mas sorprendente y la primera que fué conocida, está colocada al Este de la constelacion, presenta la forma de una pera, y ocupa 8° en longitud y 5 en latitud. En ese vasto espacio se halla una sola estrella perceptible á simple vista, de 6.ª á 7.ª magnitud, y un número considerable de estrellas telescópicas de 11.ª, 12.ª y 13.ª magnitud. Un pequeño grupo de 40 estrellas está situado proximamente en el centro (55). Háse supuesto que la ausencia de las estrellas y el contraste formado por el brillo del Cielo en que se encuentran, son las causas que hacen aparecer tan sombrío ese espacio; esplicacion que ha prevalecido generalmente desde Lacaille (56), y está confirmada especialmente por los aforamientos de estrellas (gauges and sweeps) que se han practicado al rededor de la region en donde la Via láctea parece cubierta de una nube negra. En el *coal-bag*, estas operaciones, sin dar un vacío completo, (*blank fields*), no han dado mas de 7 á 9 estrellas telescópicas, mientras que con anteojos se han descubierto en el mismo campo 120 estrellas y hasta 200 sobre los estremos. En tanto que permanecí en el hemisferio austral, bajo la impresion de esta bóveda celeste que tan poderosamente se habia apoderado de mí, el efecto del contraste no me pareció que daba suficiente razon de ese fenómeno: indudablemente padecia una equivocacion. Las consideraciones de Guillermo Herschell sobre los espacios completamente vacíos de estrellas en Escorpion y en Ofiuco, llamados por él aberturas en los cielos (openings in the Heavens), me indujeron á pen-

sar que en esas regiones las capas de estrellas superpuestas pueden ser menos espesas ó interrumpidas del todo; que las últimas escapan á nuestros instrumentos ópticos, y que esas regiones vacías son verdaderos agujeros por los cuales penetran nuestras miradas en los mas apartados espacios del Universo. Ya en otra parte he mencionado esas aberturas (57), esas brechas de las capas siderales, y los efectos de perspectiva que nos descubren han llegado á ser últimamente objeto de sérias consideraciones (58).

Las mas lejanas capas de astros, la distancia de las nebulosas, todos los objetos que hemos reunido en este capítulo, escitan la curiosidad del hombre y llenan su espíritu de imágenes del tiempo y del espacio, que esceden á su facultad de concebir. Por maravillosos que sean los perfeccionamientos logrados en los instrumentos de óptica, desde hace 60 años próximamente, se han hecho al mismo tiempo bastante familiares las dificultades que presenta su construccion para apreciar mas exactamente los progresos que quedan por realizar, y no dejarse llevar de las esperanzas fantásticas que tan sériamente preocuparon al ingenioso Hooke (1663 á 1665) (59). Aquí, como siempre, la circunspeccion y la mesura conducen con mas seguridad al objeto. Cada una de las generaciones humanas que se han sucedido, tiene derecho para vanagloriarse de las grandes y nobles conquistas á que ha llegado por la libre fuerza de su inteligencia, y que atestiguan los progresos del arte. Sin espresar en números exactos la fuerza con que penetran ya los telescopios en el espacio; sin conceder tampoco gran confianza á esas cifras, la verdad es, que debemos á los instrumentos de óptica el conocimiento de la velocidad de la luz, y tambien sabemos por ellos que la que hiere nuestra vista procedente de la superficie de los astros mas apartados, es el mas antiguo testimonio sensible de la existencia de la materia (60).

SEGUNDA PARTE.

SISTEMA SOLAR.

LOS PLANETAS Y SUS SATÉLITES, LOS COMETAS, LA LUZ ZODIACAL Y LOS ASTERÓIDES METEÓRICOS.

Abandonar, en la parte celeste de esta descripcion del Universo, el firmamento y las estrellas fijas, para volver á bajar al sistema cuyo centro es el Sol, es pasar de lo general á lo particular, de un objeto inmenso á un objeto relativamente pequeño. El dominio del Sol es el de una sola estrella fija, entre los millones de estrellas fijas que descubrimos por medio del telescopio en el firmamento: es la estension limitada en la cual obedecen á la atraccion directa de un cuerpo central mundos muy diferentes entre sí; y ya sigan aislados su marcha solitaria, ya estén rodeados de cuerpos de la misma naturaleza, describen alrededor de ese punto central órbitas de desigual magnitud. Tratando de ordenar en la parte sideral de esta uranologia, las principales clases de estrellas, tuve ocasion de señalar entre las innumerables estrellas telescópicas, la clase de las estrellas dobles, que forma por sí misma sistemas aislados, binarios ó diferentemente compuestos; pero á pesar de la analogía de las fuerzas que los dirigen, esos sistemas difieren esencialmente de nuestro sistema solar. Vénse en ellos estrellas dotadas de un brillo propio moverse alrededor de un centro de gravedad comun que no está ocupado por la materia visible; en nuestro sistema, por el contrario, astros oscuros circulan alrededor de un cuerpo luminoso ó para hablar con mas exactitud, alrededor de un centro de gra-

vedad comun colocado, ya en el interior, ya fuera del cuerpo central. «La gran elipse que describe la Tierra alrededor del Sol, se refleja, por decirlo así, en otra pequeña curva en un todo semejante, sobre la cual se mueve el centro del Sol, girando alrededor del centro de gravedad comun del Sol y de la Tierra.» En cuanto á saber si los astros planetarios, entre los cuales deben contarse los cometas interiores y esteriores, son ó no capaces de producir en algunas partes de su superficie, ademas de la luz que les envia el cuerpo central, una luz que les sea propia, cuestion es que no cabe todavía dentro de los límites de estas consideraciones generales.

Hasta aquí no ha podido establecerse por pruebas directas la existencia de cuerpos planetarios oscuros, gravitando alrededor de una estrella fija. La escasa intensidad de la luz reflejada no nos permitiria distinguir tales planetas, de los cuales, mucho tiempo antes de Lambert, suponia Keplero que debia ir acompañada cada estrella. Tomando por distancia de la estrella mas próxima, α del Centauro, 226.000 rádios de la órbita terrestre, ó 7.523 veces la distancia de Neptuno al Sol, un cometa de muy grande excursion, el de 1680, al cual se atribuye, segun datos muy inciertos, en verdad, una revolucion de 8.800 años, apartado de nuestro Sol en 28 distancias de Neptuno, en su afelio, la separacion de la estrella α del Centauro será todavía 270 veces mas grande que el rádio de nuestro sistema solar, medido hasta el afelio de dicho cometa. Vemos la luz reflejada de Neptuno á 30 rádios de la órbita terrestre. Aun cuando en el porvenir, nuevos y mas poderosos telescopios nos permitiesen reconocer otros tres planetas sucesivos, hasta la distancia de 100 rádios de la órbita terrestre, tal distancia no llegaria á la 8.ª parte de la que existe del cometa á su afelio, al $^{1}/_{2200}$ de aquella, á la cual necesitaríamos percibir la luz reflejada de un satélite girando

alrededor de α del Centauro (61). ¿Es, sin embargo, absolutamente necesario admitir la existencia de satélites alrededor de las estrellas fijas? Si atendemos los sistemas á inferiores que entran en nuestro gran sistema planetario, encontramos al lado de las analogías que pueden ofrecer los planetas rodeados de numerosos satélites, otros planetas como Mercurio, Vénus, Marte que carecen de ellos. Haciendo, pues, abstraccion de lo que es simplemente posible, para limitarnos á los hechos reales é indubitables, nos sentimos vivamente penetrados de la idea de que el sistema solar, sobre todo, con las complicaciones que los últimos tiempos nos han revelado, ofrece la imágen mas rica de las relaciones directas y de fácil conocimiento, que unen á gran número de cuerpos celestes con uno solo de entre ellos.

Nuestro sistema planetario, en razon misma del espacio tan limitado que ocupa, ofrece, para la seguridad y la evidencia de los resultados que busca la astronomía matemática, ventajas incontestables sobre el conjunto del firmamente. El estudio del mundo sideral, especialmente en lo que concierne á los grupos estelares y las nebulosas, como tambien á la clasificacion fotométrica de las estrellas, trabajo por lo demas muy poco seguro, pertenece en mucho al dominio de la astronomía contemplativa. La parte mas exacta y la mas brillante de la Astronomía, la que ha recibido en nuestros dias mayor incremento, es la que se refiere á la determinacion de las posiciones de las estrellas en ascension recta y en declinacion. Trátese de estrellas aisladas ó dobles, de grupos estelares ó de nebulosas, el movimiento propio de las estrellas, los elementos de donde se deduce su paralaje, la distribucion de los mundos en el espacio, revelada por los aforamientos telescópicos del Cielo, los períodos de las estrellas de brillo cambiante ó la revolucion lenta de las estrellas dobles, son otros tantos objetos susceptibles de medida con mayor ó menor exactitud, aun cuando no dejen

de ofrecer dificultades estas operaciones. Otras hay, al contrario, que por su naturaleza escapan á toda especie de cálculo; á este número pertenecen la posicion relativa y la forma de las capas estelares ó de las nebulosas perforadas, el órden general del Universo, y la accion violenta de las fuerzas naturales en cuya virtud aparecen ó desaparecen las estrellas; fenómenos que nos afectan tanto mas profundamente, cuanto que tocan á las regiones vaporosas de la imaginacion y de la fantasía (62).

De intento nos abstenemos en las páginas siguientes, de toda consideracion respecto de las relaciones de nuestro sistema solar con los sistemas de las otras estrellas fijas; ya no volveremos sobre estas cuestiones de la subordinacion y de la dependencia de los sistemas, que se imponen á nuestra inteligencia. No tenemos ya para qué preguntarnos si el Sol, nuestro astro central no se halla tambien en el estado de planeta en otro sistema mas vasto, y no quizás en el estado de planeta principal, sino en el de satélite de un planeta, como las lunas de Júpiter. Limitados á un dominio mas íntimo, al dominio mismo del Sol, podemos felicitarnos de la ventaja de que casi todos los resultados de la observacion, escepto los que se refieren al aspecto de las superficies, á la atmósfera gaseosa de los globos planetarios, á la cola sencilla ó múltiple de los cometas, á la luz zodiacal ó á la aparicion enigmática de las estrellas errantes, pueden referirse á relaciones numéricas y se presentan como consecuencias de hipótesis susceptibles de una demostracion rigorosa. Esta demostracion no entra en el plan de una descripcion física del Universo: todo lo que aqui corresponde, se reduce á recoger metódicamente los resultados numéricos; herencia que cada siglo trasmite aumentada al siglo siguiente. Un cuadro que contenga la distancia media que separa los planetas del Sol, la duracion de su revolucion sideral, la escentricidad de su órbita, la inclina-

cion de esas órbitas sobre la eclíptica, el diámetro, la masa ó la densidad, puede ofrecer hoy bajo un espacio bien pequeño el estado de las conquistas intelectuales que son un título honroso de nuestra época. Trasladémonos por un instante á la antigüedad: y representémonos al maestro de Platon, el pitagórico Filolao, Aristarco de Samos ó bien Hiparco, en posesion de esta hoja de cifras ó de una descripcion gráfica de las órbitas de todos los planetas, tales como se hallan en nuestras obras elementales: seria imposible comparar el asombro y la admiracion de esos hombres, héroes de los albores de la ciencia, si no es con la sorpresa que esperimentarian Eratóstenes, Estrabon, Claudio Tolomeo, si se les presentara uno de nuestros mapa-mundi levantados sobre un mapa de algunas pulgadas cuadradas, segun las proyecciones de Mercator.

Los cometas obligados á volver sobre sí mismos por la atraccion central, describiendo una elipse cerrada, marcan el límite del dominio solar. Pero como no puede asegurarse que no se manifieste algun dia otro cometa cuyo eje mayor esceda en longitud á los de los cometas conocidos hasta hoy dia y cuyos elementos han sido calculados, las distancias de los afelios de esos cometas nos dá un solo límite inferior del espacio subordinado al Sol. Asi el dominio solar está caracterizado por los efectos visibles y mensurables de las fuerzas centrales que emanan del Sol, y por los cuerpos planetarios que describen órbitas cerradas á su alrededor sin poder romper los lazos que á él los unen. La atraccion que ejerce este astro sobre otras estrellas fijas ó soles en espacios mas estensos mas allá de las órbitas de esos cuerpos celestes, no debe entrar en el género de consideraciones de que aqui nos ocupamos.

Segun el estado de nuestros conocimientos, á fines de la primera mitad del siglo XIX (1851), el sistema solar com-

prende los elementos siguientes, colocando los planetas segun la distancia que los separa del cuerpo central.

1.° 22 planetas principales: Mercurio, Vénus, La Tierra, Marte; *Flora*, *Victoria*, *Vesta*, *Iris*, *Métis*, *Hebé*, *Parténope*, *Egeria*, *Astrea*, *Irene*, *Juno*, *Ceres*, *Palas*, *Higia;* Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno.

De esos 22 planetas, únicamente se conocian 6 el 17 de marzo de 1781. Hemos distinguido por caractéres tipográficos diferentes, los 8 grandes planetas de los 14 pequeños, llamados tambien alguna vez asteróides, cuyas órbitas entrelazadas, están comprendidas entre Marte y Júpiter.

2.° 21 satélites: 1 para la Tierra, 4 para Júpiter, 8 para Saturno, 6 para Urano y 2 para Neptuno.

3.° 197 cometas, cuya órbita está calculada. Entre esos cometas, 6 son interiores, es decir, que su afelio está de la parte de acá de la órbita planetaria mas alejada que es la de Neptuno.

Probablemente el sistema solar contiene tambien *la luz zodiacal*, que se estiende mucho mas allá de la órbita de Vénus y llega quizás á la de Marte.

Numerosos observadores opinan que deben añadirse á esta clasificacion, los *enjambres de asteróides meteóricos* que cortan la órbita de la Tierra, sobre todo, en puntos determinados.

Los acontecimientos últimos que merecen ser citados en la historia de los descubrimientos planetarios son: el descubrimiento de Urano, primer planeta encontrado mas allá de la elipse de Saturno, que fué señalado en Bath el 13 de marzo de 1781 por Herschell; el de Ceres, primero de los pequeños planetas, observado por Piazzi en Palermo, el 1.° de enero de 1801; el conocimiento del primer cometa interior, por Encke en Gotha el mes de agosto de 1819; y por último, el anuncio de la existencia de Neptuno, demostrada por medio del cálculo de las perturbaciones planetarias por

Le Verrier, en París en el mes de agosto de 1846, y comprobada por Galle el 23 de setiembre de 1846 en Berlin. Esos considerables descubrimientos no solo dieron por resultado el de estender y enriquecer grandemente nuestro sistema solar, sino que cada uno de ellos, fué el principio de infinito número de nuevos descubrimientos: á ellos se debe el conocimiento de otros 5 cometas interiores señalados por Biela, Faye, de Vico, Brorsen y d'Arrest, desde 1826 á 1851; y el de 13 pequeños planetas, de los cuales 3 (Palas, Juno y Vesta) fueron encontrados desde 1801 á 1807, y los otros 9 observados sucesivamente, despues de 38 años de interrupcion, por Encke, Hind, Graham y de Gasparis. A partir del descubrimiento de Astrea, debido á las observaciones felices y á las hábiles combinaciones de Encke, es decir, desde el 8 de diciembre de 1845 hasta la mitad del año 1851, el mundo de los cometas ha sido objeto de observaciones tan detenidas, que se ha llegado en los últimos 11 años á calcular las órbitas de 33 nuevos cometas, que esto es próximamente, todo lo que habia podido hacerse en 40 años, desde principios del siglo XIX.

I.

EL SOL

CONSIDERADO COMO CUERPO CENTRAL.

La antorcha (Lucerna Mundi), como la llama Copérnico (63), que reina en el centro del mundo, es el corazon del Universo, segun la espresion de Théon de Smirna, y todo lo vivifica por sus latidos (64); es fuente de la luz y del calor radiante, y con respecto á la Tierra, el principio de gran número de fenómenos electro-magnéticos. A este centro debe, sobre todo, referirse la actividad vital de los seres organizados que pueblan nuestro planeta, y particularmente la de los vegetales. Para dar una idea mas general de las acciones esteriores por que se manifiesta el poder del Sol, pueden reducirse á dos causas principales los cambios que produce en la superficie del globo. De una parte, obra por la atraccion inherente á su masa, como en el flujo y reflujo del Océano, fenómeno para el cuál conviene, sin embargo, reservar el resultado parcial, debido á la fuerza atractiva de la Luna; de la otra, por las ondulaciones ó vibraciones transversales del éter, principios del calor y de la luz, que, entre otros fenómenos, determinan, evaporizando las aguas en los mares, lagos y rios, la mezcla fertilizadora de las capas líquidas y gaseosas de que está envuelto nuestro planeta. En

la influencia del Sol ha de buscarse tambien el orígen de las corrientes aéreas producidas por diferencias de temperatura, y el de las corrientes pelágicas, debidas á la misma causa, y que no han cesado desde hace muchos miles de años, aunque hoy en menor grado, de acumular ó de arrastrar capas sedimentarias y cambiar asi la constitucion superficial del suelo sumergido. El Sol dá vida además y sostiene la actividad electro-magnética de la costra terrestre y la del oxígeno contenido en el aire. Ya, en fin, se manifiesta tranquilamente y en silencio por afinidades químicas, y determina los diferentes fenómenos de la vida: entre los vejetales en la endósmosis de las paredes celulares: en los animales, en el tejido de las fibras musculares ó nerviosas: ya hace estallar en la atmósfera, la tormenta, los huracanes y las trombas de agua.

Hemos tratado de determinar aquí el cuadro de las influencias solares, á escepcion de las que obran sobre el eje del globo ó sobre su órbita. Esponiendo el lazo que une entre sí dos grandes fenómenos cuya relacion apenas se sospecharia á primera vista, nos hemos propuesto hacer resaltar el hecho verdadero de que en un libro que se ocupe del Cosmos, es perfectamente legítimo representar la naturaleza física como un cuerpo animado, viviente en virtud de fuerzas interiores que frecuentemente se equilibran. Sin embargo, las ondas luminosas no obran solamente sobre el mundo de los cuerpos, ni se limitan á descomponer y á recomponer las sustancias: no tienen por único objeto el de sacar fuera del seno de la tierra los gérmenes delicados de las plantas, desarrollar en las hojas la materia verde ó clorófila, teñir las flores odoríferas, ó repetir mil y mil veces la imágen del Sol al gracioso batir de las olas, y sobre los lijeros tallos de la pradera ligeramente encorvados por el soplo del viento; la luz del Cielo, segun los diferentes grados de su duracion y de su brillo, está tambien en relaciones misteriosas con

el interior del hombre, con la escitacion mas ó menos viva de sus facultades, con la disposicion alegre ó melancólica de su espíritu. Asi lo espresa Plinio el Viejo en estas palabras (lib. 11, cap. 6): «Cœli tristitiam discutit Sol, et humani nubila animi serenat.»

En la descripcion de los planetas, colocaré los datos numéricos antes de los detalles que me sea posible procurar sobre su constitucion física, á escepcion de la Tierra, que reservo para mas tarde. El órden adoptado para esos números será casi el mismo que siguió Hansen, en su escelente Disertacion sobre el sistema solar (*Uebersicht des Sonnensystems*), con cambios y adiciones sin embargo, puesto que desde 1837, época en que escribia aquel autor, se han descubierto once planetas y tres satélites (65).

La distancia media del centro del Sol á la Tierra es, segun la correccion adicional de Encke para el paralaje del Sol, que puede verse en las Memorias de la Academia de Berlin (1835, p. 309), de 20.682,000 millas geográficas, de 15 al grado del Ecuador terrestre, valiendo cada una de estas millas exactamente, segun las investigaciones hechas por Bessel, sobre diez medidas de grado, $3807^{t},23$ ó $7420^{m},43$ (*Cosmos*, t. I, p. 389, n. 30).

La luz, segun las observaciones de Struve acerca de la constante de la aberracion, emplea para llegar del Sol á la Tierra, suponiendo el planeta á una distancia media del cuerpo central, es decir, para recorrer el semi-diámetro de la órbita terrestre, 8′17″,78 (*Cosmos*, t. III, p. 72), de donde se sigue que la posicion verdadera del Sol es de 20″,445 antes de su posicion aparente.

El diámetro aparente del Sol, á una distancia media de la Tierra, es de 32′1″,8; por consiguiente, no escede mas que en 54″,8 al de la Luna, vista igualmente á una distancia media. En el perihelio, es decir, en el momento del invierno en que la Tierra está mas cerca del Sol, el diáme-

tro aparente de este astro aumenta hasta 32′34″,6; en el afelio, en verano, cuando estamos, por el contrario, lo mas lejos posible del Sol, ese diámetro es solo de 31′30″,1.

El verdadero diámetro del Sol es de 192.700 millas geográficas, ó 146,600 miriámetros, es decir, que es mas de 112 veces mayor que el diámetro de la Tierra.

La masa del Sol, segun los cálculos de Encke sobre la fórmula que ha dado Sabino del péndulo, es igual á 359,551 veces la masa de la Tierra, ó á 355,499 veces las masas reunidas de la Tierra y de la Luna (4.ª Memoria acerca del cometa de Pons, en la coleccion de las Memorias de la Academia de Berlín, 1842, p. 5). Resulta, de aqui que la densidad delSol es próximamente $^1/_4$, ó mas exactamente 0,252 de lade la Tierra.

El volúmen del Sol es 600 veces mayor, y su masa, segun Galle, es 738 veces mayor que el volúmen y la masa de todos los planetas reunidos. Para dar una imágen sensible de la magnitud del globo solar, háse notado que si se representa ese globo hueco y la Tierra colocada en el centro, quedaria aun espacio para la órbita lunar, suponiendo el radio de esta órbita prolongado mas de 40,000 millas geográficas.

El Sol gira alrededor de su eje en 25 dias y $^1/_2$. El ecuador está inclinado sobre la eclíptica 7° $^1/_2$. Segun las exactísimas observaciones de Laugier (*Memorias de la Academia des Ciencias*, t. xv, 1842, p. 941), la duracion de la rotacion es de $25^d\ 8^h\ 9'$, y la inclinacion del ecuador de 7° 9′.

Las conjeturas á que ha llegado poco á poco la astronomía moderna respecto á la constitucion física de la superficie del Sol, descansan sobre la observacion atenta y prolongada de las alteraciones que se verifican en su disco luminoso. La manera como se siguen y ligan entre sí esas modificaciones, tales como el nacimiento de las manchas,

el cambio relativo de los núcleos negros y del borde ceniciento ó penumbra, ha dado orígen á la opinion de que el cuerpo del Sol mismo es casi enteramente oscuro, pero rodeado á gran distancia de una atmósfera luminosa; que corrientes ascendentes forman en esta atmósfera aberturas de bordes dilatados, y que el centro negro de las manchas no es otra cosa que una porcion del cuerpo oscuro del Sol, visto á través de esas aberturas. Para que esta hipótesis, que indicamos aquí ligeramente y de una manera general, pueda dar razon de todas las particularidades que se producen en la superficie del Sol, admítese alrededor de ese globo oscuro la existencia de tres envueltas diferentes: ante todo, una primera envuelta interior, de materia vaporosa y semejante á nubes; despues una envuelta luminosa ó fotósfera, cubierta á su vez, como parece que sucedió en el eclipse total de 8 de Julio de 1842, de otra atmósfera exterior, en la cual flotan nubes (66).

Sucede algunas veces que presentimientos favorables ó entretenimientos de la imaginacion contienen, mucho tiempo antes de toda observacion real, el gérmen de opiniones verdaderas. La antigüedad griega abunda mucho en semejantes delirios, que han llegado á realizarse despues. Asi tambien, en el siglo XV, encontramos ya claramente espresado en los escritos del cardenal Nicolás de Cusa, en el libro II del tratado *de Docta Ignorantia*, la conjetura de que el cuerpo del Sol es en sí mismo un núcleo térreo, rodeado de una ligera envuelta formada por una esfera luminosa; que en el medio, es decir, probablemente entre el globo oscuro y la atmósfera brillante, hay un aire transparente mezclado de nubes húmedas y semejantes á nuestra atmósfera. Añadia que la propiedad de irradiar la luz que reviste la Tierra de vegetales, no pertenece al núcleo terreo del Sol, sino á la esfera luminosa que le envuelve. Esta consideracion que no se ha fijado bastante hasta hoy en la historia de la Astro-

nomía, ofrece gran semejanza con las ideas que dominan en la actualidad (67).

Como ya he dicho al ocuparme de las fases principales en que se divide la historia de la Contemplacion del Mundo (68), las manchas del Sol no fueron reconocidas nipor Galileo, ni por Scheiner, ni por Harriot, sino por Juan Fabricio, de la Frisia oriental, que fué quien primero las observó é hizo imprimir su descripcion. Juan Fabricio, lo mismo que Galileo, sabia ya que esas manchas pertenecen al mismo globo solar: puede asegurarse esto leyendo la carta de Galileo al príncipe Cesi, fechada en 25 de Mayo de 1612. Sin embargo, diez años despues, Juan Tarde, canónigo de Sarlat, y diez años mas tarde aun, un jesuita belga, pretendieron casi al mismo tiempo que las manchas eran producidas por el paso de pequeños planetas, llamados por el primero *Sidera Borbonia*, y *Sidera Austriaca* por el segundo (69). Scheiner fué quien empleó primero para observar el Sol, los cristales preservativos verdes ó azules, propuestos 70 años antes en el *Astronomicum Cœsareum* por Apiano, llamado tambien Bienewitz, y de los que se servian los pilotos holandeses hacia mucho tiempo (70). La falta de uno de esos cristales contribuyó en gran parte á que Galileo perdiera la vista.

A Domingo Cassini se debe el testimonio mas exacto acerca de la necesidad de representarse el globo solar como un cuerpo oscuro, rodeado de una fotósfera (70 bis). Esta conclusion, apoyada en observaciones positivas, data próximamente del año 1671; es decir, que es posterior en sesenta años al descubrimiento de las manchas solares. Segun Domingo Cassini, la superficie visible del Sol es «un océano de luz que envuelve el núcleo sólido y oscuro del Sol; prodúcense en esta esfera luminosa grandes movimientos y como ebulliciones, y de tiempo en tiempo, nos dejan ver los vértices de las montañas dè que está erizado el Sol; núcleos negros que se distinguen en el centro de las manchas.»

Las penumbras cenicientas que festonan esos núcleos no tienen todavía esplicacion.

Una observacion ingeniosa llevada á efecto frecuentemente desde que el astrónomo de Glasgow, Alejandro Wilson, la hizo sobre una gran mancha solar el 22 de Noviembre de 1769, le llevó á esplicar la naturaleza de las penumbras. Wilson notó que á medida que una mancha se aproxima al borde del Sol, la penumbra mas aproximada al centro del astro disminuye mas y mas en magnitud relativamente á la penumbra opuesta. De aquí dedujo Wilson con gran juicio, en 1774, que el centro de la mancha, es decir, la porcion de globo solar visible por el embudo abierto en la envuelta luminosa, está situado en un plano mas lejano que la penumbra, y que la penumbra está formada por los taludes de la escavacion (70 ter). Esta esplicacion, sin embargo, no satisfacia el problema de saber porque la penumbra es mas brillante cerca del núcleo.

Un astrónomo de Berlin, Bode, que ignoraba la Memoria de Wilson, en su libro sobre la naturaleza del Sol y sobre el orígen de las manchas *(Gedanken ueber die Natur der Sonne und die Entstehung ihrer Flecken)* ha desarrollado ideas muy semejantes con la claridad que le hacia apto para popularizar la ciencia. Además ha facilitado la esplicacion de las penumbras, admitiendo, casi como en la hipótesis del cardenal Nicolás de Cusa, una capa nebulosa colocada entre la fotósfera y el globo oscuro del Sol. Esta suposicion de dos capas distintas da márgen á las siguientes deducciones: Si una abertura se forma, lo que acontece rara vez, en la fotósfera sola, sin prolongarse á la capa de vapores colocada debajo é iluminada imperfectamente por la atmósfera luminosa, esta capa interior envia al habitante de la Tierra un resplandor pálido, y se ve una penumbra gris, una mancha, pero no núcleo. Si, por el contrario, bajo la influencia de los fenó-

menos meteorológicos que se agitan violentamente en la superficie del Sol, penetra la abertura á través de la envuelta de luz y la envuelta de nubes, se destaca en medio de la penumbra cenicienta un núcleo «que parece mas ó menos sombrío, segun que esta abertura corresponda, sobre el globo solar, á tierras de roca ó arenosas, ó bien á mares (71).» El espacio gris que rodea el núcleo es como en la hipótesis precedente, una porcion de la superficie esterior de la region nebulosa; y como á causa de la forma dilatada de la escavacion, la abertura es menor en esta capa que en la fotósfera, la direccion de los rayos que, partiendo de los bordes de la abertura hiere la vista del observador, esplica la diferencia que Wilson notó primero en la anchura de la penumbra á los dos lados opuestos, diferencia que aumenta á medida que se aleja la mancha del disco solar. Cuando se estiende la penumbra sobre toda la mancha, y hace desaparecer el núcleo, como observó Laugier muchas veces, consiste esto en que no la fotósfera, sino la capa inferior de nieblas se ha cerrado.

Una mancha perceptible á simple vista que apareció en la superficie del Sol en 1779, reclamó felizmente para el asunto que nos ocupa las facultades de observacion y de invencion que distinguian de igual manera á G. Herschell. Poseemos los resultados del gran trabajo, á que se entregó en la coleccion de las *Philosophical Transactions* (1795 y 1801); allí examinó en detalle los casos mas particulares, segun una nomenclatura muy exacta que estableció él mismo. Como de costumbre, aquel grande hombre siguió su propio camino; solo una vez habló de Alejandro Wilson. El conjunto de sus miras es idéntico al de las de Bode; la construccion, merced á la cual esplica el aspecto del núcleo y de la penumbra (*Philosophical Transactions*, 1801, p. 270 y 318, c. XVIII, fig. 2), está fundada sobre la hipótesis del rompimiento de las dos envueltas. Pero, entre la capa

de nieblas y el globo oscuro del Sol, coloca una atmósfera clara y transparente (p. 302), en la cual nubes oscuras, ó no brillando cuando menos sino con luz reflejada, están suspendidas á una altura de 50 ó 60 miriámetros. A decir verdad, Herschell parece estar dispuesto á no considerar tampoco la fotósfera sino como una capa de nubes luminosas, independientes entre sí y ofreciendo superficies muy desiguales. Parécele que un fluido elástico de naturaleza desconocida se eleva de la corteza ó de la superficie del globo oscuro, y produce en las regiones superiores, si obra débilmente, un picado negro sobre un fondo luminoso; si, por el contrario, se desencadena con violencia, anchas aberturas que dejan ver núcleos rodeados de penumbras.

Rara vez redondeados y ofreciendo casi siempre líneas quebradas y ángulos reentrantes, los núcleos oscuros están frecuentemente rodeados de penumbras que repiten la misma figura sobre mayores dimensiones. No se observa transicion alguna de brillo entre el núcleo y la penumbra ó entre la penumbra que alguna vez es filiforme, y la fotósfera. Capocci, lo mismo que otro observador muy diligente, Pastorff, han dibujado con mucha exactitud las formas angulosas de las manchas (Schumacher 's Astronomische Nachrichten, n.° 115, p. 316: n.° 133, p. 291, y n.° 144, p. 471). G. Herschell y Schwabe vieron los núcleos atravesados por venas, brillantes, ó por especies de puentes luminosos (luminous bridges). Esos fenómenos de naturaleza nebulosa provienen de la segunda capa, que dá nacimiento á las penumbras. Segun el astrónomo de Slough, esos aspectos singulares, debidos probablemente á corrientes ascendentes, la formacion tumultuosa de las manchas, fáculas, surcos, y crestas, producidas por las ondas luminosas, indicarian un desprendimiento enorme de luz; y por el contrario, «la ausencia de manchas y de los fenómenos que las acompañan, haria suponer una disminucion en la combustion, y por

consiguiente una influencia menos poderosa y menos saludable sobre la temperatura de nuestro planeta y el desarrollo de nuestra vegetacion.» Esas hipótesis indujeron á Herschell á estudiar el precio del grano y la naturaleza de las recolecciones, en los años en que se notó la ausencia de manchas en el Sol: desde 1676 á 1684 (segun los datos de Flamsteed), de 1686 á 1688 (segun los de Domingo Cassini), de 1695 á 1700 y de 1795 á 1800. Desgraciadamente faltarán siempre elementos numéricos únicos que podrian llevar á una solucion siquiera fuese dudosa de semejante problema; no solamente, como observa el mismo Herschell con su habitual prudencia, porque el curso de los cereales en una parte de Europa no diera la medida de la vegetacion sobre todo el continente, sino principalmente porque aun cuando el descenso de la temperatura media se hiciera sensible durante un año entero en toda Europa, no puede en manera alguna deducirse de aquí que en el mismo espacio de tiempo, el cuerpo terrestre ha recibido del Sol una cantidad menor de calor. Resulta de las investigaciones de Dove acerca de las variaciones no periódicas de la temperatura, que existe siempre contraste entre las condiciones climatológicas de regiones situadas casi bajo las mismas latitudes, de los dos lados del Atlántico. Esta oposicion parece producirse regularmente entre nuestro continente y la parte media de la América del Norte. Cuando sufrimos nosotros un invierno rigoroso es allí muy dulce y recíprocamente. En razon de la influencia incontestable que la cantidad media del calor estival ejerce sobre el ciclo de vegetacion y por consiguiente sobre la abundancia de cereales, esas compensaciones en la distribucion del calor tienen las mas favorables consecuencias para los pueblos entre los cuales establece el mar comunicaciones rápidas.

G. Herschell atribuia á la actividad del cuerpo central, manifestada por los fenómenos de los cuales las man-

chas solares son consecuencia, un aumento de calor sobre la tierra. Cerca de dos siglos y medio antes, Bautista Baliani en una carta á Galileo, habia por el contrario considerado las manchas como causas de enfriamiento (72). Esta es tambien la conclusion á que parecia concurrir la tentativa que hizo en Ginebra el sabio astrónomo Gautier, comparando cuatro períodos, notables por el gran número ó la rareza de las manchas solares (de 1827 á 1848), con la temperatura media de 33 estaciones europeas y de 27 estaciones americanas bajo latitudes semejantes (72 bis). Esta comparacion hace surgir de nuevo por diferencias positivas ó negativas, los contrastes que presentan las estaciones en los lados opuestos al Atlántico. En cuanto á la influencia refrigerante de las manchas solares, los resultados definitivos de aproximacion intentados por Gautier, darian escasamente 0° 42 centígr., fraccion que por otra parte, puede muy bien ser atribuida, en razon á su poca importancia, á errores de observacion ó á la direccion de los vientos.

Queda por hablar de una tercera envuelta del Sol, de que se ha hecho mencion antes. Es la mas esterior de todas y recubre la fotósfera; es nebulosa é imperfectamente transparente. Apercibiéronse apariencias estraordinarias, de color rojo y semejando montañas ó llamas, durante el eclipse total de 8 de julio de 1842, sino por vez primera, cuando menos de una manera mucho mas clara; observacion que fué hecha simultáneamente por muchos de los observadores mas esperimentados. Esto es lo que ha llevado á reconocer la existencia de dicha tercera envuelta. Segun una discusion muy profunda de todas las observaciones, Arago ha enumerado, con rara sagacidad en una Memoria especial (73) los motivos que hacen necesaria esta hipótesis. Ha hecho ver al mismo tiempo que desde 1706 hánse descrito ocho veces, en eclipses de Sol ó totales ó anu-

lares, eminencias marginales rojizas, semejantes á las de 1842 (74).

El 8 de julio de 1842, cuando el disco de la Luna, mayor en apariencia que el del Sol, lo hubo cubierto completamente, no solo se vió rodear á la Luna una luz blanquecina en forma de aureola ó de corona luminosa (74 bis); viéronse además dos ó tres protuberancias que parecian arraigadas en los bordes, y que entre los astrónomos que las observaron, unos las comparaban á montañas rojizas y angulosas, otros á masas de hielos teñidos de rojo, y otros tambien á lenguas de llamas inmóviles. A pesar de la gran diversidad de anteojos que usaron Arago, Laugier y Mauvais, en Perpignan; Petit, en Montpellier; y Airy, en las alturas de la Superga, cerca de Turin; Schumacher, en Viena, y muchos otros astrónomos, estaban conformes completamente respecto de los rasgos principales que presentaba el conjunto del fenómeno. Las protuberancias no fueron visibles simultáneamente en todos los puntos; en algunos sitios se las pudo observar aun á simple vista. El ángulo sub-tendido por su altura fué estimado diferentemente. La apreciacion mas cierta parece ser la de Petit, director del Observatorio de Tolosa, y es de 1′ 45″; lo que, en el caso de que dichas apariencias fuesen realmente montañas, les daria una elevacion de mas de 7,000 miriámetros, casi siete veces el diámetro de la Tierra que está contenido 112 veces en el del Sol. La suma de todos los fenómenos observados ha llevado á conjeturar con muchos grados de verosimilitud que estas apariencias rojas son ondulaciones de la tercera atmósfera, masas nebulosas iluminadas y dotadas de color por la fotósfera (75). Al desarrollar Arago esta idea, espresa la conjetura de que el azul oscuro del Cielo, que yo mismo he tenido ocasion de medir sobre los mas altos vértices de las Cordilleras, con instrumentos hoy todavía muy imperfectos, podria suministrar un medio fácil de observar las nubes

en forma de montañas de la tercera envuelta solar. (76).

Lo que sorprende en primer lugar, cuando se trata de determinar en qué zona del Sol se presentan habitualmente las manchas, es que son muy raras hácia el ecuador solar, entre los 3° de latitud boreal y 3° de latitud austral, y que faltan completamente en las regiones polares. Solo en dos épocas del año, el 8 de junio y el 9 de diciembre, las manchas no describen curvas cóncavas ó convexas, sino que trazan líneas rectas paralelas entre sí, y al ecuador. La zona en donde las manchas son mas frecuentes está comprendida entre 11 y 15° de latitud Norte. En general puede afirmarse que se encuentran en mayor número en el hemisferio septentrional, y, como dice Sœmmering, que se prolongan mas lejos apartándose del ecuador hácia el Norte que hácia el Sud. (*Outlines*, § 393, *Viaje al Cabo*, p. 433). Galileo habia ya indicado 29° como límite estremo en ambos hemisferios. Juan Herschell llevó este límite á 35°; esto mismo hizo Schwabe (Schumacher's *Astron. Nachr.*, n.° 473). Laugier vió algunas manchas aisladas bajo 41°. (*Memorias*, t. XV, p. 944), y Schwabe hasta bajo 50° de latitud. Una mancha descrita por La Hire bajo los 70° de latitud Norte, puede ser considerada como uno de los casos mas estraordinarios.

La distribucion de las manchas en el disco del Sol, tal como acabamos de indicarla, su rareza bajo el ecuador y en las regiones polares, su disposicion paralela al ecuador, indujeron á Juan Herschell á suponer que los obstáculos que la tercera envuelta esterior puede en ciertos sitios oponer á la emision del calor, dan por resultado en la atmósfera del Sol, corrientes dirigidas del polo hácia el ecuador, corrientes análogas á las que, causadas en la Tierra por la velocidad de la rotacion, diferente bajo cada paralelo, producen los vientos alíseos y las calmas que reinan especialmente en los puntos próximos al ecuador. Preséntanse al-

gunas manchas tan permanentes que se las vé reaparecer seis meses enteros, como sucedió con la gran mancha de 1779. Schwabe encontró en 1840 un mismo grupo ocho veces seguidas. Midiendo con exactitud un núcleo oscuro representado en la obra de Herschell, de la cual he tomado muchas cosas, *el Viaje al Cabo*, se puede asegurar, que es de tal magnitud que lanzado el globo terrestre á través de la abertura de la fotósfera, todavía hubiera dejado á uno y otro lado un espacio de mas de 170 miriámetros. Sœmmering hace notar que hay en el Sol ciertos meridianos en los cuales, durante largos años, no vió aparecer mancha alguna (Thilo, *de Solis maculis a Sœmmeringio observatis*, 1828, p. 22). Los resultados tan distintos hallados para la duracion de la rotacion del Sol no deben ser atribuidos solamente á la inexactitud de las observaciones; esas diferencias proceden de la propiedad que tienen ciertas manchas de cambiar de lugar sobre la superficie del Sol. Laugier ha consagrado á este objeto investigaciones especiales, y observado manchas que tomadas aisladamente darian para la rotacion una duracion unas veces de 24^d, 28, otras de 26^d, 46. El único procedimiento propio para dar á conocer la duracion de la rotacion solar, es pues, tomar el término medio entre un gran número de manchas que, por la permanencia de su forma y la distancia que las separa de otras manchas visibles al mismo tiempo, son una garantía contra las probabilidades de error.

Aunque se distingan con claridad á simple vista manchas sobre la superficie del Sol, con mas frecuencia de lo que generalmente se cree, siempre que las observaciones se dirijan en ese sentido, apenas si, desde principios del siglo IX á primeros del XVII, puede encontrarse la indicacion de dos ó tres fenómenos dignos de ser estimados como verdaderos. Tales son, la pretendida estacion que, segun los Anales de los reyes francos atribuidos en un principio á

un astrónomo benedictino, despues á Eginhard, hizo Mercurio durante ocho dias sobre el disco del Sol, en 807; el paso de Vénus por el Sol en 91 dias, bajo el reinado del califa Al-Motassem en el año 840, y los *signa in Sole* observados en 1096, segun el *Staindelii Chronicon*. La cita que hacen algunos historiadores de los oscurecimientos ocurridos en el Sol, ó hablando con mas exactitud, de una disminucion mas ó menos grande de la luz solar, me ha llevado despues de un gran número de años á hacer investigaciones especiales acerca de la naturaleza meteorológica y quizá cósmica de esos fenómenos (77). Como las grandes acumulaciones de manchas, sirva de ejemplo, la que observó Hevelio el 20 de julio de 1643 y que cubrió un tercio del Sol, van siempre acompañadas de multitud de fáculas, he llegado á atribuir á los núcleos oscuros esos momentos de sombra durante los cuales son invisibles las estrellas por algun tiempo, como en los eclipses totales.

Un cálculo de Dusejour indica que un eclipse total no puede durar en un punto del ecuador terrestre mas de 7′ 58″, y en la latitud de Paris mas de 6′ 10″. Los oscurecimientos referidos por los analistas tuvieron una duracion mayor, y fundado en esta razon me atrevo á atribuirlos á tres causas diferentes: 1.° á una perturbacion en el desarrollo de la luz del Sol ó á una intensidad menor de la fotósfera; 2.° á obstáculos, tales como las capas de nubes mas estensas y densas, opuestas á la iradiacion de la luz y del calor, por la atmósfera exterior, imperfectamente trasparente, que envuelve la esfera luminosa; 3.° á mezclas que oscurecen el aire que nos rodea, como las polvaredas, generalmente de naturaleza orgánica, que transportan los vientos alíseos, y las pretendidas lluvias de tinta, ó las lluvias de arena que segun refiere Macgowan, cae en China muchos dias. Las dos últimas esplicaciones no exigen disminucion alguna en la produccion quizás electromagné-

tica de la luz, hipótesis segun la cual la luz es una aurora boreal perpétua (78); pero la tercera escluye la visibilidad de las estrellas en pleno dia, de la que tan frecuentemente se ha hablado al tratar de los oscurecimientos misteriosos descritos con gran escasez de detalles.

No solamente ha sido confirmada por el descubrimiento de la polarizacion coloreada, de Arago, la hipótesis de una tercera y última envuelta del Sol, sino que lo han sido tambien todas las conjeturas acerca de la constitucion física del cuerpo central de nuestro sistema planetario. Un rayo de luz que partiendo de las mas lejanas regiones del Cielo, hiere nuestra vista despues de haber recorrido un gran número de millones de leguas, indica como por si mismo, en el polaríscopo de Arago, si es reflejado ó refractado, si emana de un cuerpo sólido, líquido ó gaseoso. (*Cosmos*, t. I, p. 34; t. II, p. 321). Es muy esencial distinguir la luz natural que iradia directamente del Sol, de las estrellas y de las llamas, que no se polariza sino á condicion de ser reflejada por un plano de cristal, bajo un ángulo de 35° 25′, y la luz polarizada que emana espontáneamente de los cuerpos sólidos ó líquidos incandescentes. La luz polarizada viene casi con seguridad del interior de esos cuerpos. Pasando de un medio mas denso á la capa de aire circundante, se refracta en la superficie; una parte del rayo vuelve hácia el interior y se convierte en luz polarizada por reflexion, mientras que la otra ofrece los caractéres de la luz polarizada por refraccion. El polaríscopo cromático distingue una de otra esas dos luces, segun las situaciones opuestas que ocupan las imágenes coloreadas complementarias. Merced á esperimentos muy delicados que se remontan á 1820, Arago ha demostrado que un cuerpo sólido incandescente, por ejemplo, una bala de cañon enrojecida por el fuego, ó bien un metal fundido en estado líquido y luminoso, no emite en una direccion perpendi-

cular á su superficie mas que la luz natural; pero que los rayos que partiendo de los estremos forman para llegar hasta nosotros un ángulo de emergencia muy inclinado sobre la superficie, están polarizados. Si se quisiera aplicar á llamas gaseosas ese mismo aparato que separa con tanta limpieza las dos clases de luz, no se podrian descubrir señales de polarizacion, por pequeño que fuese el ángulo bajo el cual se emanasen los rayos. Aunque tambien para los gases la luz toma vida en el interior del cuerpo incandescente, en este caso, sin embargo, en razon á la débil densidad de los capas gaseosas, la longitud del camino que los rayos tienen que atravesar, y la oblicuidad de su direccion no parecen disminuir su intensidad ni su número, y la emergencia de esos rayos, y su tránsito á otro medio no producen polarizacion. Ahora bien; el Sol no da señal alguna de polarizacion, cuando se estudia en el polaríscopo la luz que parte de sus bordes bajo ángulos estremadamente pequeños; resulta de esta importante comparacion que lo que brilla en el Sol no procede del cuerpo solar, ni de una sustancia líquida, sino de una envuelta gaseosa y dotada de luz propia. Estas observaciones pueden considerarsec omo un análisis físico de la fotósfera.

El mismo instrumento óptico ha probado tambien que la intensidad de la luz no es mayor en el centro que en los contornos del disco solar. Cuando dos imágenes complementarias del Sol, roja la una, la otra de un azul verdoso, se proyectan mútuamente de modo que el estremo de la primera caiga sobre el centro de la segunda, la parte comun llega á ser perfectamente blanca. Si la intensidad luminosa del Sol fuese diferente en sus distintos puntos, por ejemplo, mayor en el centro que en la circunferencia, obtendríase en el estremo del segmento comun, reuniendo parcialmente las dos imágenes coloreadas, de un lado el rojo, del otro el azul; y esto consiste en que del lado de la

imágen roja los rayos azules no podrian neutralizar sino en parte los rayos rojos que proceden del centro y que son mas numerosos. Tengamos presente ahora sin embargo, que en una atmósfera gaseosa los estremos deben aparecer mas luminosos que el centro, y que en un globo sólido los estremos y el centro deben tener la misma intensidad: síguese de aquí que formando la fotósfera, segun nosotros, el disco aparente del Sol, deberia parecer mas brillante en la circunferencia que en el centro; resultado negado por el polaríscopo que indica una intensidad de luz igual en el centro y en los bordes. Si esta oposicion no se verifica, debe atribuirse á la envuelta de vapores que rodea á la fotósfera, y debilita menos la luz del centro que la de los rayos que partiendo de los bordes tienen que salvar á través de esas nubes una distancia mayor para llegar á la vista del observador (79). Célebres físicos y astrónomos, Bouguer y Laplace, Airy y Juan Herschell, se oponen á estas ideas de Arago, y aprecian la intensidad de los bordes como inferior á la del centro; y el últimamente citado de esos sábios ilustres, hace presente que «segun las leyes del equilibrio, esta atmósfera esterior deberia tener una forma esferoidal mas aplanada que las envueltas que recubre, y que la den sidad mayor que por esta razon resultaria hácia el Ecuador, deberia determinar una diferencia en la intensidad de la luz radiante (80).» Arago se ocupa actualmente en someter su opinion á nuevos esperimentos y referir el resultado de sus observaciones á relaciones numéricas precisas.

La comparacion de la luz solar con las dos luces artificiales mas poderosas que han podido hasta ahora producirse sobre la Tierra, dá, en el estado todavía tan imperfecto de la fotometría, las relaciones siguientes: En los ingeniosos esperimentos de Fizeau y de Foucault, la luz de Drummond, producida por la llama del hidrógeno y del oxígeno dirigida sobre creta está relativamente con el disco solar, en la

razon de 1 á 146. En el esperimento de Davy, se ha reconocido que la corriente luminosa obtenida entre dos carbones por la accion de una pila de Bunsen, está con el Sol, bajo la influencia de 46 elementos, en la relacion de 1 á 4,2; y empleando en ello muy grandes elementos, como 1 á 2,5; no es, pues, tres veces mas débil que la luz solar (81). Si hoy todavía causa asombro saber que el brillo deslumbrador de la luz de Drummond, proyectada sobre el disco solar, tiene el aspecto de una mancha negra, debe admirarse doblemente la sagacidad de Galileo que desde el año 1612, por una série de deducciones acerca de la distancia á que debe hallarse Vénus del Sol, para ser visible sin necesidad de instrumentos, dedujo que el núcleo mas oscuro de las manchas solares es mas brillante que la mas resplandeciente porcion de la Luna llena (82).

G. Herschell, espresando por el número 1.000 la intensidad general de la luz del Sol, estimaba por término medio la de las penumbras de las manchas en 469, y en 7 la del núcleo oscuro. Segun esos datos, bien hipotéticos por cierto, si se estima con Bouguer que el Sol es 300.000 veces mas brillante que la Luna llena, esta tendria 2.000 veces menos luz que el núcleo oscuro de las manchas del Sol. Ciertos pasos de Mercurio han manifestado de una manera notable la intensidad luminosa de esa porcion central de las manchas, que no es otra cosa que el cuerpo oscuro del Sol, iluminado por el reflejo de las paredes abiertas de la fotósfera, y el de la atmósfera nebulosa que forma las penumbras, como tambien por la luz de las capas de aire terrestres, interpuestas entre el Sol y el observador. Comparados con el planeta cuyo hemisferio no iluminado estaba entonces dirigido hácia la Tierra, los núcleos oscuros de las manchas cercanas parecian de un gris claro (83). El 5 de Mayo de 1832, cuando tuvo lugar el paso de Mercurio, un observador escelente, el consejero Schwabe,

de Dessau, examinó con gran atencion la diferencia de oscuridad entre los núcleos y el planeta. Desgraciadamente perdí la ocasion de hacer por mí mismo la comparacion cuando el paso del 9 de Noviembre de 1802 que observé en el Perú, aunque Mercurio casi tocase á muchos núcleos. Preocupado grandemente en determinar la porcion del planeta con relacion á los hielos del telescopio, descuidé esta comparacion. El profesor Henry demostró en América el año 1815 en Princeton, que las manchas del Sol emiten mucho menos calor que las porciones del disco que no tienen manchas.La imágen del Sol y la de una gran mancha fueron proyectadas sobre una pantalla, y medidas por el termo-multiplicador las diferencias de temperatura (84).

Que los rayos caloríficos se distingan de los rayos luminosos por longitudes diferentes en las ondulaciones transversales del éter, ó que haya identidad entre ellos, y que los rayos caloríficos produzcan en nosotros la sensacion de la luz por una cierta velocidad de vibracion, propia de las altas temperaturas, resulta siempre que el Sol, fuente de luz y calor puede dar vida y alimentar fuerzas magnéticas en nuestro planeta y sobre todo en la atmósfera que lo envuelve. El conocimiento ya antiguo de fenómenos termo-eléctricos en ciertos cristales, tales como la turmalina, la boracita, el topacio, y por otra parte el gran descubrimiento de Œrsted (1820), segun el cual, todo conductor atravesado por la electricidad ejerce, mientras la duracion de la corriente, influencias determinadas sobre la aguja imantada, hicieron perceptible la relacion íntima que existe entre el calor, la electricidad y el magnetismo. Fundándose en esta especie de conexion, el ingeniero Ampere, que atribuia toda clase de magnetismo á corrientes eléctricas obrando en un plano perpendicular al eje de la aguja imantada, propuso la hipótesis de que la tension magnética del globo está producida por corrientes eléctricas, circulando

alrededor de nuestro planeta, de Este á Oeste, y que, por consiguiente, las variaciones horarias de la declinacion magnética dependen del calor, fuente de las corrientes, que á suvez varia segun la posicion del Sol. Las investigaciones termo-magnéticas de Seebeck, de donde resulta que las variaciones de temperatura en las soldaduras de un circuito de bismuto y de cobre, ó de otros metales desemejantes, determinan una desviacion de la aguja imantada, confirmaron las ideas de Ampére.

Un brillante descubrimiento de Faraday, sometido por el autor á un nuevo exámen casi en el mismo momento en que se imprimen estas hojas, presta una gran luz á esta importante cuestion. Trabajos anteriores de ese gran físico habian ya demostrado que todos los gases son *diamagnéticos*, es decir, se colocan en direccion de Este á Oeste, como el bismuto y el fósforo, con la circunstancia siempre de que el oxígeno goza de esta propiedad en menos grado que todos los demas gases. Sus últimas investigaciones, cuyo comienzo data de 1847, prueban que el oxígeno solo entre todos los gases, tiende como el hierro á una posicion Norte-Sud, pero que por la dilatacion y la elevacion de temperatura pierde esta fuerza paramagnética. Como la tendencia diamagnética de los demas elementos de la atmósfera, el ázoe y el ácido carbónico, no se modifica ni por el aumento de volúmen ni por la elevacion de temperatura, solo hay que considerar la envuelta de oxígeno que rodea elglobo como una esfera de hierro batido inmensa, y esperimenta su influencia magnética. El hemisferio dirigido hácia el Sol, será, pues, menos paramagnético que el hemisferio opuesto; y como los límites que separan las dos mitades cambian constantemente por la rotacion del globo y su revolucion alrededor del Sol, Faraday llegó á ver en esas relaciones de temperatura la causa de una parte de las variaciones del magnetismo terrestre en la superficie del glo-

bo. La asimilacion, fundada en una série de esperimentos, de un gas único, el oxígeno, con el hierro, es uno de los descubrimientos considerables de nuestra época, tanto mas cuanto que probablemente el oxígeno equivale próximamente á la mitad de todas las sustancias ponderables repartidas en las partes accesibles del globo (85). Así, sin que sea necesario suponer polos magnéticos en el Sol, ni fuerzas magnéticas particulares en los rayos que de él emanan, el cuerpo central de nuestro sistema planetario puede, en razon de su fuerza como fuente de calor, escitar sobre el globo terrestre una actividad magnética.

Háse tratado de demostrar por medio de observaciones meteorológicas que comprendiesen muchos años, aunque limitadas á algunas estaciones, que una cara del Sol, por ejemplo, la que estaba vuelta hácia la Tierra el 1.º de enero de 1846, tiene mas fuerza calórica que la cara opuesta (86). Los resultados á que se ha llegado no dan mas certidumbre que las conclusiones, merced á las que se ha pretendido deducir de las antiguas observaciones de Maskelyne en Greenwich, una disminucion del diámetro solar. La periodicidad de las manchas del Sol, reducida por el consejero Schwabe, de Dessau, á fórmulas numéricas, está mejor fundada. Ningun otro astrónomo viviente ha podido consagrar á este objeto atencion tan perseverante. Durante 24 años consecutivos Schwabe ha pasado frecuentemente mas de 300 dias por año, esplorando el disco del Sol. No publicadas todavía, sus observaciones de 1844 á 1850, he tenido que recurrir á su amistad, para conocerlas; además Schwabe ha contestado á un cierto número de cuestiones que yo le tenia planteadas. Termino el capítulo de la constitucion física del Sol por el estracto con que este gran hombre ha tenido la bondad de enriquecer mi libro.

«Los números contenidos en la tabla siguiente no dejan duda alguna, por lo menos para la época comprendida en-

tre 1826 y 1850, respecto á que las variaciones en el número de las manchas solares se reproducen por períodos de 10 años próximamente, de suerte que el máximum cae por los años 1828, 1837, 1848, y el mínimum en 1833 y 1843. No he tenido ocasion (es preciso no olvidar que es Schwabe quien habla) de recoger una série continuada de observaciones mas antiguas; sin embargo, noest oy distante de admitir que la duracion de este período puede esperimentar variaciones (87).

AÑOS.	GRUPOS de MANCHAS.	DIAS sin MANCHAS VISIBLES.	NUMERO de los dias DE OBSERVACION.
1826	118	22	277
1827	161	2	273
1828	225	0	282
1829	199	0	244
1830	190	1	217
1831	149	3	239
1832	84	49	270
1833	33	139	267
1834	51	120	273
1835	173	18	244
1836	272	0	200
1837	333	0	168
1838	282	0	202
1839	162	0	205
1840	152	3	263
1841	102	15	283
1842	68	64	307
1843	34	149	312
1844	52	111	321
1845	114	29	332
1846	157	1	314
1847	257	0	276
1848	330	0	278
1849	238	0	285
1850	186	2	308

«He podido observar grandes manchas, perceptibles á simple vista, en casi todos los años en que no caia el mínimum; las principales aparecieron en 1828, 1829, 1831, 1836, 1837, 1838, 1839, 1847, 1848. Considero aquí como grandes manchas las que abrazan por lo menos 50″: únicamente en este límite empiezan á ser perceptibles para una vista buena, sin el auxilio del telescopio.

«No cabe duda alguna de que existen estrechas relaciones entre las manchas y la formacion de las fáculas. Frecuentemente he visto aparecer fáculas ó lúculas en el sitio mismo donde ha desaparecido una mancha, como tambien desarrollarse nuevas manchas en las fáculas. Cada mancha está rodeada de nubes mas ó menos luminosas. No creo que las manchas tengan influencia alguna sobre la temperatura anual. Noto tres veces por dia la altura del barómetro y la del termómetro; los términos medios anuales que resultan de esas observaciones no dan lugar á suponer hasta el presente relacion sensible entre el clima y el número de las manchas. Admitiendo que en ciertos casos se hubiera presentado esta coincidencia, no tendria importancia sino á condicion de reproducirse sobre otros muchos puntos de la Tierra. Si realmente habia motivo de atribuir á las manchas del Sol, la menor influencia sobre el estado de nuestra atmósfera, seria preciso cuando mas deducir de mis tablas que los años en que las manchas abundan cuentan menos dias serenos que los años en que son raras (Schumacher's *Astron. Nachr.*, n.° 638, p. 221.)

«Guillermo Herschell daba el nombre de fáculas á los surcos luminosos que aparecen solo en los bordes del Sol, y el de lúculas á las arrugas visibles únicamente hácia el centro (*Astron. Nachr.*, n.° 350, p. 243). Tengo el convencimiento de que fáculas y lúculas provienen de las mismas nubes luminosas amontonadas, que parecen mas brillantes hácia los bordes del Sol y son por el contrario, hácia el cen-

tro, menos esplendentes que la superficie general. Prefiero, pues, dar á todos los espacios, particularmente brillantes, del disco solar, el nombre de nubes luminosas, dividiéndolas segun su forma en nubes agrupadas ó cumuliformes, y en nubes alargadas ó cirriformes. Esta materia luminosa está irregularmente distribuida sobre el Sol, y da algunas veces á su superficie un aspecto marmóreo. La misma apariencia tienen frecuentemente sobre los bordes y en ocasiones hasta en los polos. Sin embargo, donde con mas intensidad se presenta es siempre en las dos zonas de manchas, en las mismas épocas en que no existen las manchas; entonces las dos zonas, mas brillantes, se asemejan de una manera asombrosa á las bandas de Júpiter.

Los surcos oscuros que se encuentran entre las nubes luminosas de forma prolongada, son los espacios mates que pertenecen á la superficie general del Sol, cuyo aspecto parece á la arena formada de granos iguales. Sobre esta superficie granulosa se ven algunas veces fuertes puntos grises, no negros, que son poros, surcados tambien de pequeñas arrugas oscuras estremadamente finas (*Astron. Nachr.*, n.° 473, p. 286). Cuando esos poros están agrupados por masas forman espacios grises y nebulosos, y en particular las penumbras de las manchas solares. En esas penumbras vénse poros y puntos negros que generalmente parecen irradiar del núcleo hasta los límites de la penumbra; esto es lo que produce la semejanza sorprendente las mas de las veces, que se observa entre la forma de las penumbras y la de los núcleos.»

La esplicacion é íntima relacion de esos fenómenos tan variables, no habrán adquirido para la observacion de la naturaleza toda su importancia, hasta el momento en que bajo los trópicos, en un Cielo puro y sin nubes, durante muchos meses se haya podido, merced á un aparato fotográfico movido por un reloj, obtener una série no interrumpida de

imágenes de manchas estelares (88). Los fenómenos meteorológicos que se producen en las atmósferas de que está envuelto el cuerpo oscuro del Sol, determinan las apariencias llamadas por nosotros manchas ó fáculas. Probablemente allí, como en la meteorología terrestre, las perturbaciones son de naturaleza tan complicada y diferente, tan general y tan local, á la vez, que solo podrán resolverse una parte de los problemas acerca de los cuales todavía hay una gran oscuridad, por observaciones detenidas y completas.

II.

LOS PLANETAS.

Es necesario que la descripcion de cada cuerpo celeste en particular, vaya precedida de algunas consideraciones generales acerca de los cuerpos celestes. Esas consideraciones, por otra parte, no abrazan mas que los 22 planetas principales y las 21 lunas, planetas inferiores, ó satélites descubiertos hasta el dia. No se estienden á todos los cuerpos celestes planetarios, entre los cuales, los cometas por sí solos presentarian ya un total diez veces mas considerable. En general, el centelleo de los planetas es débil, porque no hacen mas que reflejar la luz del Sol, y tambien á causa de la magnitud aparente de su disco (véase *Cosmos*, t. III, p. 68). En la luz cenicienta de la Luna, como en la luz roja que presenta durante los eclipses y que parece mucho mas intensa bajo los trópicos, la luz del Sol ha esperimentado para el observador colocado sobre la Tierra, un doble cambio de direccion. Ya he tenido ocasion de notar que la Tierra es susceptible de emitir una pequeña cantidad de luz propia, facultad comun, por otra parte, á varios planetas, como lo prueban ciertos fenómenos notables, observados de tiempo en tiempo, sobre la parte de Vénus no iluminada por el Sol (89).

Consideremos los planetas bajo la relacion de su núme-

ro, del órden en el cual han sido descubiertos, de su volúmen en sí mismo y relativamente á su distancia al Sol, de su densidad, de su masa, de la duracion de su rotacion, de la inclinacion de su eje, de su escentricidad y de sus diferencias características, segun están colocados mas allá ó mas acá de la zona de los pequeños planetas. Para todos esos objetos, la naturaleza de esta obra nos obliga á fijar un cuidado particular en los resultados numéricos, y á elejir siempre los que están considerados en el momento mismo de la publicacion de este tomo como procedentes de las investigaciones mas recientes y que merecen mas confianza.

PLANETAS PRINCIPALES.

1.° *Número de los planetas principales y época de su descubrimiento.*—Entre los siete cuerpos celestes que, en razon de los cambios contínuos ocurridos en sus distancias relativas, han sido, desde la mas remota antigüedad, distinguidos de las estrellas centellantes que conservan siempre en el firmamento su sitio y sus distancias (orbis inerrans), cinco solamente: Mercurio, Vénus, Marte, Júpiter y Saturno, ofrecen la apariencia de estrellas (quinque stellæ errantes). El Sol y la Luna se colocaron siempre aparte, en razon de la magnitud de su disco, y por consecuencia de la importancia que les era atribuida en las concepciones mitológicas (90). Así, segun Diodoro de Sicilia (lib. II, cap. 30), los Caldeos no conocian mas que cinco planetas; y Platon, en el único pasaje del *Timeo* en que se habla de esos cuerpos errantes, dice estas palabras: «Alrededor de la Tierra, que descansa en el centro del Mundo, se mueven la Luna, el Sol, y otros cinco astros á los que se dá el nombre de Planetas; lo que en total compone siete movimientos circulares» (91). En la estructura del Cielo imaginado en otro tiempo por Pitágoras y descrito por Filolao, entre las diez

esferas celestes que verifican su revolucion alrededor del fuego central ó foco del Mundo (ἱστία), inmediatamente despues del Cielo de las estrellas fijas, están los cinco planetas (92), seguidos del Sol, de la Luna, de la Tierra y del antípoda de la Tierra (ἀντίχθων). Tolomeo mismo no habla nunca mas que de cinco planetas. Los siete planetas distribuidos por Julio Firmico, entre los genios (93), como se puede ver en el zodiaco de Bianchini, que data seguramente del siglo III de nuestra era (94), y en los monumentos egipcios contemporáneos de los Césares, no pertenece á la historia de la astronomía antigua, sino á sus épocas mas recientes, en las cuales se habian estendido por doquiera los delirios astrológicos (95). No hay motivo para estrañar que la Luna haya sido colocada entre los siete planetas, pues los antiguos, á escepcion de algunas ideas notables de Anaxágoras sobre las fuerzas atractivas (*Cosmos*, t. II, p. 300), casi nunca aluden á la dependencia mas directa de la Luna frente á la Tierra. En cambio, segun una hipótesis citada por Vitrubio (96) y Marciano Capella (97), aunque sin indicacion de autor, Vénus y Mercurio, á los que llamamos planetas inferiores, son presentados como satélites del Sol, que gira alrededor de la Tierra. Un sistema semejante no puede ser llamado egipcio, ni confundirse con los epíciclos de Tolomeo, ni con las ideas de Ticho acerca de la estructura del Mundo (98).

Las denominaciones bajo las cuales se designan entre los pueblos antiguos los cinco planetas estelares son ó nombres de divinidades ó epítetos distintivos, escogidos segun su aspecto. Es tanto mas difícil, sin otras fuentes que aquellas donde hasta hoy hemos podido beber, determinar lo que en esas denominaciones pertenece originariamente á la Caldea ó al Egipto, cuyos nombres primitivos usados por otros pueblos, no nos han trasmitido los escritores griegos con fidelidad, contentándose con traducirlos á su lengua ó

sirviéndose de equivalentes tomados al acaso, segun sus ideas, ó miras particulares. En cuanto á resolver si los Caldeos fueron solo los afortunados discípulos de los Egipcios, y determinar los descubrimientos en virtud de los cuales se consideraron mas adelantados que ellos (99), puntos son estos que pertenecen á los importantes, pero oscuros problemas de la civilizacion naciente, al primer desarrollo científico del pensamiento sobre las orillas del Nilo ó del Eufrates. Conócense los nombres egipcios de los 36 génios; pero en cuanto á los de los planetas, solo uno ó dos han llegado hasta nosotros (100).

Sorprende verdaderamente que Platon y Aristóteles no designen nunca los planetas sino bajo nombres mitológicos, que son tambien de los que se sirve Diodoro, mientras que mas adelante, es decir, en el tratado *del Mundo*, falsamente atribuido á Aristóteles, hállase una mezcla de las dos denominaciones: Φαίνων para Saturno, Στίλβων para Mercurio, Πυρόεις para Marte (1). Pasajes de Simplicio, en su comentario sobre el libro IV del tratado *del Cielo* por Aristóteles, otros escritos de Hyginio, de Diodoro, de Theon de Smyrna, prueban, caso singular, que Saturno, el mas apartado de los planetas conocidos en aquella época, habia recibido el nombre de *Sol*. Su situacion y la estension de su órbita fueron indudablemente las que le valieron el ser erigido en dominador de los demás planetas. Las denominaciones descriptivas, aunque muy antiguas, y en parte de orígen caldeo, no llegaron á usarse frecuentemente entre los escritores griegos y romanos hasta el reinado de los Césares y cuando la Astrologia empezó á ejercer su influencia. Los signos de los planetas, si se exceptúa el disco del Sol y el creciente de la Luna, grabados en los monumentos egipcios, son de orígen muy reciente. Segun las investigaciones de Letronne, no pasan mas allá del siglo X (2). Tampoco se los halla en las piedras revestidas de inscripciones gnósticas.

Los copistas los han añadido mas tarde á los manuscritos gnósticos, que tratan de alquimia, pero es muy raro que hayan hecho esta adicion en los manuscritos de los astrónomos griegos, de Tolomeo, de Theon ó de Cleómedes. Los primeros signos planetarios que para Júpiter y Marte estaban formados de caractéres alfabéticos, como lo ha demostrado Saumaise con su ordinaria penetracion, eran muy diferentes de los nuestros. Las figuras actuales se remontan apenas mas allá del siglo XV. Una cita tomada por Olimpiodoro á Proclo (*ad Timæum*, p. 14, edic. de Basilea), y un pasaje del escoliador de Pindaro (*Isthmica*, carm. V, v. 2), establecen de una manera incontestable que la costumbre de consagrar ciertos metales á los planetas formaba ya parte del sistema de las representaciones simbólicas usadas en el siglo V entre los Neoplatónicos de Alejandría. Puede leerse respecto de esto el comentario de Olimpiodoro acerca de la Meteorología de Aristóteles (libro III, cap. 7, t. II, p. 163, en la edicion de la Meteorología publicada por Ideler. Pueden consultarse tambien dos pasajes del tomo I, p. 199 y 251).

Si el número de los planetas conocidos de los antiguos se limitó en un principio á cinco, y mas adelante á siete, cuando se unieron los grandes discos del Sol y de la Luna, presumióse desde entonces que fuera de esos planetas visibles, habia otros menos luminosos que por esta razon no podian ser apercibidos. Esta suposicion la atribuye Simplicio á Aristóteles. «Es probable, dice, que otros cuerpos oscuros, moviéndose alrededor del centro comun deben, así como la Tierra, ocasionar eclipses de Luna.» Artemidoro de Efeso, citado con frecuencia por Strabon como geógrafo, creia en la existencia de una cantidad innumerable de esos cuerpos oscuros girando alrededor del Sol. La antigua concepcion ideal de los Pitagóricos, los ἀντίχθων no entra en estas suposiciones. La Tierra y el compañero de la Tierra tienen un

movimiento paralelo y concéntrico. Esta ἀντίχθων imaginado para conservar á la Tierra su movimiento de rotacion sobre sí misma, no es, á decir verdad, mas que la mitad de la Tierra, el hemisferio opuesto al que habitamos (3).

Si del número total de los planetas y de los satélites conocidos hoy, número seis veces igual al de los cuerpos planetarios conocidos en la antigüedad, se ponen separadamente los 36 objetos descubiertos desde la invencion del telescopio, para colocarlos segun el órden de su descubrimiento, hallase que el siglo XVII ha producido 9; el siglo XVIII 9 tambien, y por sí sola la primera mitad del siglo XIX 18.

Tabla cronológica de los cuerpos planetarios descubiertos desde la invencion del telescopio, en 1608.

SIGLO XVII.

Cuatro satélites de Júpiter, descubiertos por Simon Mario, en Anspach, el 29 de Diciembre de **1609**; por Galileo, en Padua, el 7 de Enero de **1610**.

Triplicidad de Saturno, señalada por Galileo en Noviembre de **1610**; las dos asas reconocidas por Hevelio en **1656**; descubrimiento definitivo dela verdadera forma del Anillo, por Huyghens, el 7 de Diciembre de **1657**.

6.° satélite de Saturno (Títan), Huyghens, 25 de Marzo de **1655**.

8.° satélite de Saturno (Japhet), Domingo Cassini, Octubre de **1671**.

5.° satélite de Saturno (Rhéa), Cassini, 23 de Diciembre de **1672**.

3.° y **4.°** satélite de Saturno (Téthys y Dioné), Cassini, fines de Marzo de **1684**.

SIGLO XVIII.

Urano, G. Herschell, en Bath, 13 de Marzo de **1781**.

2.° y **4.°** satélite de Urano, G. Herschell, 11 de Enero de **1787**.

1.° satélite de Saturno (Mimas), G. Herschell, 28 de Agosto de **1789**.

2.° satélite de Saturno (Encelada), G. Herschell, 17 de Setiembre de **1789**.

1.er satélite de Urano, G. Herschell, 18 de Enero de **1790**.

5.° satélite de Urano, G. Herschell, 9 de Febrero de 1790.
6.° satélite de Urano, G. Herschell, 28 de Febrero de 1794.
3.° satélite de Urano, G. Herschell, 26 de Marzo de 1794.

SIGLO XIX.

CERES*, Piazzi, en Palermo, 1.° de Enero de 1801.
PALAS*, Olbers, en Brema, 28 de Marzo de 1802.
JUNO*, Harding, en Lilienthal, 1.° de Setiembre de 1804.
VESTA*, Olbers, en Brema, 21 de Marzo de 1807.
(Durante un intervalo de 38 años no se descubre planeta ni satélite alguno.)
ASTREA*, Encke, en Driesen, 8 de Diciembre de 1845.
NEPTUNO*, Gall, en Berlin, por las indicaciones de Le Verrier, 23 de Setiembre de 1846.
1.er satélite de Neptuno, G. Lassell, en Starfield, cerca de Liverpool, Noviembre de 1846; Bond, en Cambridge (Estados-Unidos).
HEBE*, Encke, en Driesen, 1.° de Julio de 1847.
IRIS*, Hind, Lóndres, 18 Octubre de 1847.
FLORA*, Hind, Lóndres, 18 de Octubre de 1847.
METIS*, Graham, en Markre-Castle, 25 de Abril de 1848.
7.° satélite de Saturno (Hyperion), Bond, en Cambridge (Estados-Unidos), desde el 16 al 19 de Setiembre de 1848; Lassell, en Liverpool, desde el 19 al 20 de Setiembre de 1848.
HIGIA*, de Gasparis, en Nápoles, 14 de Abril de 1849.
PARTENOPE*, de Gasparis, en Nápoles, 11 de Mayo de 1850.
2.° satélite de Neptuno, Lassell, en Liverpool, 14 de Agosto de 1850.
VICTORIA*, Hind, en Lóndres, 13 de Setiembre de 1850.
EGERIA*, de Gasparis, en Nápoles, 2 de Noviembre de 1850.
IRENE*, Hind, en Lóndres, 19 de Mayo de 1851; de Gasparis, en Nápoles, 23 de Mayo de 1851.

En este cuadro se han distinguido los planetas principales de los satélites por letras mayúsculas (4). Tambien se han señalado con un asterísco los planetas comunmente designados bajo el nombre de pequeños planetas, planetas telescópicos ó asteróides, que forman un grupo particular y como una inmensa cadena de 25 millones de miriámetros entre Marte y Júpiter. De estos planetas, cuatro, han sido descubiertos en los siete primeros años de este siglo;

diez, en los seis años que acaban de pasar; hecho que debe atribuirse menos á la perfeccion de los instrumentos que á la habilidad de los observadores, y sobre todo, á la escelencia de los mapas celestes, enriquecidos con las estrellas fijas de 9.ª y 10.ª magnitud. Todos los cuerpos inmóviles cuyo lugar está señalado, facilitan hoy mucho el conocimiento de los cuerpos móviles. (Véase, p. 106.) Tambien el número de los planetas se ha duplicado desde que apareció el primer tomo del *Cosmos* (5); con tal rapidez se han sucedido los descubrimientos, y tanto se ha aumentado y perfeccionado la topografía de nuestro sistema planetario.

2.° *Division de los planetas en dos grupos.*—Si se considera la region de los pequeños planetas, situados entre las órbitas de Marte y Júpiter, aunque mas aproximados en general á la de Marte que á la de Júpiter, como un grupo intermedio y una zona de separacion, los planetas mas cercanos al Sol y que pueden llamarse interiores, es decir, Mercurio, Venus, la Tierra y Marte, ofrecen entre sí relaciones de semejanza que forman otros tantos contrastes con los planetas esteriores, ó situados mas allá de la zona de separacion: Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. El grupo intermedio de los pequeños planetas ocupa apenas la mitad de la distancia entre la órbita de Marte y la de Júpiter. En el espacio que separa esos dos planetas, la parte mas próxima á Marte es la que se ha encontrado mas llena hasta hoy. Si, con efecto, se consideran los dos puntos estremos, Flora é Higia, la distancia de Júpiter á Higia es mas que el triple de la que existe entre Marte y Flora. Este grupo intermedio se distingue claramente por la escentricidad y la inclinacion de sus órbitas, enlazadas entre sí, y por la pequeñez de los cuerpos planetarios que le componen. La inclinacion de la órbita sobre el plano de la eclíptica es en Juno de 13° 3′; en Hebé, de 14° 47′; en Egeria, de 16° 33′;

se eleva en Palas hasta 34° 37′, pero vuelve á bajar, en Astrea á 5° 19′, en Partenope, á 4° 37′, y en Higia, á 3° 47′. Los planetas en que la inclinacion sobre la eclíptica es menor de 7°, son por órden de magnitud, empezando por los mayores, Flora, Metis, Iris, Astrea, Partenope é Higia. No hay, sin embargo, ningun planeta de estos cuya inclinacion iguale en pequeñez á la de Venus, Saturno, Marte, Neptuno, Júpiter y Urano. En algunos pequeños planetas la escentricidad de la elipse escede á la de Mercurio en 0,206, tales son: Juno (0,255)), Palas (0,239), Iris (0,232) y Victoria (0,218). En otros, por el contrario, la escentricidad es menor que la de Marte en 0,093, sin que por esto su órbita llegue al círculo casi imperfecto de Júpiter, Saturno y Urano: á este número pertenecen Ceres (0,076), Egeria (0,036) y Vesta (0,089). El diámetro de los Planetas telescópicos está fuera de toda medida por su pequeñez. Segun las observaciones de Lamont, en Munich, y las que Mædler hizo con el refractor de Dorpat, es verosímil que el mayor diámetro de entre ellos llegue escasamente á 107 miriámetros, esto es, $^1/_5$ del diámetro de Mercurio y la mitad del de la Tierra.

Los cuatro planetas interiores, llamados así porque están situados mas cerca del Sol y antes de la zona de los asteroides, son todos de media magnitud y relativamente mas densos; su movimiento de rotacion es casi uniforme y no dura menos de 24 horas; están menos aplanados, y á escepcion de la Tierra, carecen de satélites. Por el contrario, los cuatro planetas esteriores, situados entre la zona de los asteroides y las estremidades todavía desconocidas del dominio solar, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, son mucho mayores y cinco veces menos densos; su movimiento de rotacion es mucho mas rápido, su aplanamiento mas sensible y tienen veinte satélites. Todos los planetas interiores son mas pequeños que la Tierra:

el diámetro de Marte es igual á $^1/_2$, el de Mercurio á $^2/_5$ del de la Tierra; mientras que en los planetas esteriores, la relacion de sus diámetros con el de la Tierra se eleva á 4,2 y á 11,2. La densidad de Vénus y la de Marte igualan á la de la Tierra, con menos de $^1/_{10}$ de diferencia; la de Mercurio es algo mayor. Por el contrario, la densidad de los planetas esteriores no escede en $^1/_4$ á la de la Tierra; la de Saturno puede estar representada por $^1/_7$; la mitad apenas de la densidad de los demás planetas esteriores y de la del Sol. Además, los planetas esteriores presentan atmósferas que por el carácter particular de su condensacion aparecen como variables y producen tambien algunas veces bandas interrumpidas sobre la superficie de Saturno. Por último, encuéntrase entre estos planetas el fenómeno, único en todo el sistema solar, de un anillo sólido envolvente sin aderirse al mas considerable de entre ellos.

Aunque generalmente, en esta importante division de los planetas esteriores y de los planetas interiores, la magnitud absoluta, la densidad, el aplanamiento, la velocidad de rotacion, la existencia y la no existencia de los satélites parecen depender de su distancia al Sol, ó en otros términos, del semi-eje mayor de su órbita, no puede afirmarse con seguridad esta dependencia para cada uno de los miembros particulares que componen esos grupos. No conocemos hasta aquí, como ya he indicado, ningun mecanismo interior, niguna ley natural, semejante, por ejemplo, á la bella ley en cuya virtud los cuadrados de las revoluciones están entre sí como los cubos de los grandes ejes, que haga depender para toda la série de los planetas, su densidad, volúmen, etc., de su distancia al Sol. Verdad es que el planeta mas próximo del Sol, Mercurio, es al propio tiempo el mas denso, puesto que lo es ocho veces sobre todos los demás esteriores, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno; pero Vénus, la Tierra y Marte por una parte,

y por otra Júpiter, Saturno y Urano, están muy lejos de sucederse regularmente en el órden de su densidad. En general tambien, las magnitudes absolutas crecen con las distáncias, como observaba ya Keplero (*Harmonice mundi*, lib. V, cap. 4, p. 194; véase tambien el *Cosmos*, t. I, p. 362); esto, sin embargo, deja de ser cierto, desde que se considera cada planeta en particular. Marte es mas pequeño que la Tierra, Urano mas pequeño que Saturno, Saturno mas pequeño que Júpiter, y Júpiter mismo va precedido de un enjambre de planetas cuya pequeñez permite apenas medirlos. La duracion de la rotacion crece igualmente, para el mayor número de planetas, en razon de su distancia al Sol; sin embargo, ese movimiento es mas rápido en la Tierra que en Marte, en Júpiter que en Saturno.

Basta, repito, considerar la constitucion y las formas de los cuerpos determinando su situacion relativa en el espacio, como hechos que tienen una existencia real, no como consecuencias de razonamientos abstractos ó como una série de efectos cuyas causas fueran conocidas con anterioridad. No ha llegado á descubrirse una ley general aplicable á los espacios celestes, como tampoco se ha encontrado para determinar en la Tierra la situacion geográfica de los puntos culminantes en las cadenas de montañas, ó los contornos de cada continente. Son estos hechos del órden natural, producidos por el conflicto de fuerzas tangenciales y atractivas, que se ejercen bajo condiciones múltiples y desconocidas. Entramos aquí, con una curiosidad mal satisfecha, en el oscuro dominio de las cuestiones de formacion y de desarrollo. Trátase, tomando en su verdadero sentido estas palabras mal aplicadas por lo regular, de acontecimientos cósmicos verificados durante periodos de tiempo de medida desconocida. ¿Han sido formados los planetas por anillos errantes de materia vaporosa? en este caso, aglomerándose la materia alrededor de ciertos puntos en donde la atrac—

cion fuera mas poderosa, debió atravesar una série indefinida de estados diferentes, para llegar á formar órbitas simples y órbitas entrelazadas, á producir planetas tan diversos por su volúmen, su aplanamiento y su densidad, para dar á los unos un gran número de satélites, en tanto que faltan á los otros, y para unir tambien á esos satélites en un anillo sólido. La forma actual de los objetos y la determinacion exacta de sus relaciones no han podido revelarnos hasta aquí los estados por que han debido pasar, como tampoco las condiciones bajo las cuales han tomado vida. No es razon esta para llamar casuales esas condiciones, palabra que los hombres prodigan de muy buen grado, respecto de todas las cosas cuyo orígen no pueden esplicarse todavía con claridad.

3.° *Magnitud absoluta y magnitud aparente*; *configuracion.*—El diámetro del mayor de todos los planetas, de Júpiter, escede 30 veces el de Mercurio, el mas pequeño de aquellos cuyo disco puede determinarse con seguridad. Es igual casi en 11 veces al diámetro de la Tierra; relacion que es próximamente la que existe entre el Sol y Júpiter, cuyos dos diámetros son entre sí como 10 es á 1. Segun un cálculo, cuya exactitud no puedo garantizar, la diferencia de volúmen entre las piedras meteóricas que han querido tomarse como pequeños cuerpos planetarios, y Vesta, cuyo diámetro, segun las medidas de Mædler, es de 49 miriámetros y tiene por consiguiente 59 menos que el de Palas, segun Lamont, no seria mas considerable que la diferencia de volúmen que existe entre Vesta y el Sol. Precisaria, para que esta relacion fuese verdadera que ciertas piedras meteóricas tuvieran 517 pies de diámetro. Cierto es, que se han visto meteoros ígneos cuyo diámetro antes de la esplosion no tenia menos de 2,600.

Si comparamos á la Tierra con los planetas esteriores, Júpiter y Saturno, sorprende la dependencia que se mani-

fiesta entre el aplanamiento de los polos y la velocidad de la rotacion. El movimiento de rotacion de la Tierra se verifica en 23 56′, el aplanamiento es de $^1/_{300}$. La rotacion de Júpiter se verifica en 9^h 55′, el aplanamiento es de $^1/_{17}$ segun Arago, y de $^1/_{15}$ segun Juan Herschell. La rotacion de Saturno se verifica en 10^h 29′, su aplanamiento es de $^1/_{10}$. Pero aunque Marte emplee 41 minutos mas que la Tierra en girar sobre sí mismo, su aplanamiento, aun adoptando un resultado mucho mas pequeño que aquel al cual llegó G. Herschell, subsiste probablemente de mayor consideracion. La razon de esta infraccion de la ley en cuya virtud la configuracion superficial de un esferoide elíptico depende de la velocidad de la rotacion, ¿está en la diferencia de la ley que, en los dos planetas arregla el órden de las densidades, yendo de la superficie al centro, ó en la circunstancia de solidificarse la superficie líquida de algunos planetas antes que hayan podido tomar una forma en armonía con la velocidad de su rotacion? Del aplanamiento de nuestro planeta dependen, como lo demuestra la astronomía teórica, la retrogradacion de los puntos equinocciales, la nutacion ó libracion del eje terrestre y el cambio de oblicuidad de la eclíptica.

La magnitud absoluta, es decir, la magnitud verdadera de los planetas, y su distancia á la Tierra, determinan su diámetro aparente. El cuadro que sigue presenta á los planetas colocados segun su magnitud verdadera, empezando por los mas pequeños.

1.° Grupo de pequeños planetas de órbitas entrelazadas, de los cuales los mayores parecen ser Palas y Vesta.
2.° Mercurio.
3.° Marte.
4.° Vénus.
5.° La Tierra.
6.° Neptuno.

7.° Urano.
8.° Saturno.
9.° Júpiter.

A una distancia media de la Tierra, Júpiter tiene un diámetro ecuatorial aparente de 38″,4; en las mismas circunstancias, el diámetro de Vénus, igual próximamente en grosor al de la Tierra, es solo de 16″,9; el de Marte es de 5″,8. Pero en la conjuncion inferior, el diámetro aparente de Venus aumenta hasta 62″, mientras que el de Júpiter no pasa mas allá de 46″. Es necesario recordar aquí que el lugar de la órbita de Vénus en que mas brillante parece este planeta, cae entre la conjuncion inferior y la mayor digresion. Por término medio Venus parece el mas esplendente, hasta el punto de proyectar sombra en ausencia del Sol, cuando se halla á 40° al Este ó al Oeste del cuerpo central. En esta posicion, su diámetro aparente es solo de 40″, y la mayor estension de la fase iluminada es apenas de 10″.

DIAMETRO APARENTE DE LOS SIETE GRANDES PLANETAS.

Mercurio á distancia media			6″,7	(oscila de 4″,4 á 12″)
Venus	—	—	16″,9	(oscila de 9″,5 á 62″)
Marte	—	—	5″,8	(oscila de 3″,3 á 23″)
Júpiter	—	—	38″,4	(oscila de 30″ á 46″)
Saturno	—	—	17″,1	(oscila de 15″ á 20″)
Urano	—	—	3″,9	
Neptuno	—	—	2,″7	

VOLUMEN DE LOS PLANETAS COMPARADO CON EL DE LA TIERRA.

Mercurio como		1	:	16,7
Vénus	—	1	:	1,05
La Tierra	—	1	:	1
Marte	—	1	:	7,14
Júpiter	—	1414	:	1
Saturno	—	735	:	1
Urano	—	82	:	1
Neptuno	—	108	:	1

El volúmen del Sol es al de la Tierra como 1.407,100: 1.

Todos los errores que pueden cometerse en la medida de los diámetros se encuentran elevados al cubo en las cifras que representan los volúmenes.

Los planetas, cuyo movimiento comunica variedad y vida al aspecto del cielo estrellado, obran al mismo tiempo sobre nosotros por la magnitud de su disco y por su proximidad, por el color de su luz, por el centelleo que, en ciertos casos, se observa en algunos de ellos, y por la manera particular con que reflejan la luz del Sol sus diferentes superficies. Respecto de si la naturaleza y la intensidad de esta luz pueden modificarse por el desprendimiento de una pequeña cantidad de luz propia, nada puede decirse, pues es un problema todavía por resolver.

4.° *Orden de los planetas segun la distancia que los separa del Sol.*—Con el fin de poder abarcar en su conjunto todo lo que en la actualidad se conoce de nuestro sistema planetario, y representar las distancias medias que separan á los diferentes planetas del Sol, he trazado el cuadro siguiente en el cual, como es de rigor en Astronomía, he tomado por unidad la distancia media de la Tierra al Sol, que es de 15.347,000 miriámetros. Mas adelante, cuando trate en detalle de cada uno de los planetas, añadiré sus distancias en el afélio y en el perihelio, es decir, en los dos momentos en que los planetas, describiendo la elipse cuyo foco ocupa el Sol, se encuentran sobre la línea de los apsides, en el punto mas lejano y en el punto mas próximo del foco. Por distancia media, única de que actualmente nos ocupamos, es preciso entender, el término, media entre la mayor y menor distancia, es decir, el semi-eje mayor de la órbita planetaria. Los resultados numéricos, aquí, como en lo que precede y en lo que sigue, están tomados en su mayor parte del tratado publicado por Hansen, en el *Anuario* de Schumacher para 1837. Cuando se trata de resultados sus-

ceptibles de variar con el tiempo, es preciso referirse, para los grandes planetas, al año 1800, escepto para Neptuno, en el cual es necesario volver al 1851. Yo mismo he aprovechado el *Anuario astronómico* de Berlin para 1853. Debo los detalles concernientes á los pequeños planetas, á la amistad del doctor Galle; todos son relativos á épocas muy recientes.

DISTANCIA DE LOS PLANETAS AL SOL.

Mercurio.	0,38709
Vénus..	0,72333
La Tierra.	1,00000
Marte.	1,52369

PEQUEÑOS PLANETAS.

Flora.	2,202
Victoria.	2,333
Vesta.	2,362
Iris.	2,385
Métis.	2,386
Hebe.	2,425
Partenope.	2,451
Egéria..	2,576
Astrea..	2,577
Irene..	2,585
Juno..	2,669
Céres.	2,768
Palas.	2,773
Higia.	3,151
Júpiter.	5,20277
Saturno.	9,53885
Urano.	19,18239
Neptuno.	30,03628

El solo hecho de la disminucion rápida que, de Saturno y de Júpiter á Marte y á Vénus, se hace sensible en la duracion de las revoluciones, dió margen á presumir desde luego, cuándo se adoptó la hipótesis de las esferas móviles á

que estaban fijos los planetas, que esas esferas debian hallarse colocadas entre si á alguna distancia. Pero como no podia encontrarse entre los Griegos ninguna señal de observaciones ni de medidas metódicas, antes de Aristarco de Samos, y el establecimiento del museo de Alejandría, siguese de aquí, que debió existir grande divergencia en las hipótesis acerca del órden de los planetas, y sus distancias relativas, ya que se calculasen esas distancias á partir de la Tierra inmóvil en medio de los planetas, segun la opinion dominante, ya se tomase con los Pitagóricos por punto fijo el Sol, foco del Mundo (ἑστία). Habia especialmente dudas acerca de la posicion relativa del Sol frente á frente de los planetas inferiores y de la Luna (6). Los Pitagóricos, para quienes los nombres eran la fuente de todo conocimiento y la esencia misma de las cosas, aplicaban la teoría universal de las proporciones numéricas á la consideracion geométrica de los cinco cuerpos regulares cuyas propiedades hacia tiempo se hallaban descubiertas, á los intervalos musicales de los tonos que forman los acordes de donde nace la armonía, y aun á la estructura del Universo. Pensaban que los planetas ponen en movimiento, por sus vibraciones, las ondulaciones sonoras, segun las relaciones armoniosas de los intervalos que los separan, y producen lo que ellos llamaban la música de las esferas. «Esta música, añadian, llegaria al oido del hombre, si no le escapase en razon de su misma perpetuidad, y por estar habituado á ella desde la infancia (7).» La parte armóniosa de la teoría pitagórica de los números se unia así á la representacion figurada del Cosmos, como puede verse, leyendo la fiel esposicion que de estas relaciones hace Platon en el *Timéo;* porque la Cosmología es, en concepto de Platon, la obra de los principios opuestos de la Naturaleza, reconciliados por la armonía (8). Platon, en un cuadro lleno de gracia, intenta hacer sensible el armonioso concierto del Mundo, colocando sobre los cír-

culos planetarios otras tantas Sirenas que, acompañadas de las tres Parcas, hijas de la Necesidad, sostienen el eterno movimiento del huso celeste (9). Esta representacion de las Sirenas, cuyo lugar en el concierto divino toman algunas veces las Musas, se vuelve á hallar en muchos monumentos antiguos, particularmente en grabados de piedra. En la antigüedad cristiana, como en la edad media, desde San Basilio hasta Santo Tomás de Aquino y hasta Pedro d'Ailly, se alude con frecuencia á la armonía de las esferas, pero en términos que señalan el disentimiento del escritor (10).

A fines del siglo XVI, las opiniones de Pitágoras y de Platon, acerca de la estructura del Mundo se despertaron en la viva imaginacion de Keplero. Llamó como ellos en su auxilio á la Geometría y la Música, y construyó el sistema planetario, primero en su *Mysterium cosmographicum*, tomando por base los cinco cuerpos regulares que pueden circunscribirse á las esferas de los planetas, y luego en el *Harmonice mundi*, segun los intervalos de las notas musicales (11). Convencido de que las distancias relativas de los planetas están sometidas á una ley, esperaba resolver el problema por la combinacion de sus primeras miras con las que mas tarde habia adoptado. Es singular que Ticho, á quien por otra parte se ve siempre tan firmemente aficionado al principio de la observacion real, espresara ya la opinion antes de Keplero, contra la cual protestó Rothmann, de que el aire del Cielo, lo que llamamos el medio resistente, quebrantado por el movimiento de los cuerpos celestes, produce sonidos armoniosos (12). Por lo demas, las analogías entre las relaciones de los sonidos y las distancias de los planetas, cuya huella siguió Keplero durante tanto tiempo y con tanta laboriosidad, no creo que nunca hayan sido para este gran entendimiento, otra cosa que abstracciones. En verdad, alegrábase, para mayor gloria del Creador, de haber descubierto en las relaciones del espacio, re-

laciones numéricas; y como dejándose llevar de un entusiasmo poético, hace jugar á Vénus con la Tierra en mayor (Dur) en el afelio, en menor (Mol) en el perihelio; y dice que los tonos mas elevados de Júpiter y de Vénus, deben, uniéndose, formar un acorde en menor. Pero estas espresiones, á pesar de su frecuente repeticion, no deben tomarse mas que en sentido figurado, y permiten decir á Keplero espresamente: «Jam soni in cœlo nulli existunt, nec tam turbulentus est motus, ut ex attritu *auræ cœlestis* eliciatur stridor.» *(Harmonice mundi*, lib. V, cap. 4). En ese pasaje como en los otros á que antes hemos aludido, trátase realmente del aire sutil y sereno que llena el Mundo (aura cœlestis).

La comparacion de los intervalos que separan á los planetas de los cuerpos regulares que deben llenar esos intervalos, habia animado á Keplero á hacer estensivas sus hipótesis al cielo de las estrellas fijas (13). Cuando el descubrimiento de Céres y de los demas planetas, representáronse vivamente á la memoria las combinaciones pitagóricas de Keplero. Recordóse especialmenta el pasaje casi olvidado hasta entonces, en el cual anuncia como verosímil la existencia de un planeta desconocido en el vasto espacio que separa á Marte de Júpiter: «Motus semper distantiam suam sequi videtur; atque ubi magnus hiatus erat inter orbes, erat et inter motus.» «He llegado á mayor atrevimiento, dice Keplero en su Introduccion al *Mysterium cosmographicum*, y coloco un nuevo planeta entre Júpiter y Marte, como coloco otro entre Vénus y Mercurio.» Esta segunda suposicion era menos feliz y pasó desapercibida mucho tiempo (14). «Es verosímil, añade Keplero, que ambos planetas hayan escapado á la observacion, efecto de su estremada pequeñez (15).» Mas adelante, halló Keplero que no habia necesidad de esos nuevos planetas para componer el sistema solar segun las propiedades de los cinco

poliedros regulares, y se limitó á exagerar las distancias de los antiguos planetas: «Non reperies novos et incognitos Planetas, ut paulo antea interpositos, non ea mihi probatur audacia; sed illos veteres parum admodum luxatos.» (*Mysterium cosmographicum*, p. 10). Las tendencias especulativas de Keplero tenian tanta analogía con las de Pitágoras, y todavía mas con las miras desarrolladas en el *Timéo* de Platon, que á semejanza de este filósofo, que hallaba en las siete esferas planetarias las diferencias de los colores, como tambien las de los sonidos (*Cratyle*, p. 409), Keplero hizo tambien esperiencias para reproducir sobre una madera diversamente iluminada los colores de los planetas (*Astron. Opt.*, cap. 6, p. 26). Por lo demas, Newton, ese gran espíritu siempre tan vigoroso en sus razonamientos, no estaba muy lejos, como ya habia notado Prévost, (*Memorias de la Academia de Berlin* para 1802, p. 77 y 93), de referir á la escala diatónica la dimension de los siete colores del espectro solar (16).

Estas hipótesis que pertenecen á partes aun desconocidas de nuestro sistema planetario, me traen á la memoria la opinion de la antigüedad griega «de que existian mas de cinco planetas; y que si no se habian observado sino cinco, muchos otros habian permanecido invisibles á causa de su situacion y del poco brillo de su luz.» Esta conjetura se atribuia especialmente á Artemidoro de Efeso (17). Otra creencia que nació en la antigua Grecia, quizá hasta en Egipto, es la de que todos los cuerpos celestes visibles actualmente no lo han sido siempre. A esta leyenda física ó mas bien histórica pertenece la forma particular bajo la cual ciertas razas tenian la pretension de elevarse á una remota antigüedad. Así los Pelagios, que habitaban la Arcadía antes que los Helenos, se llamaban Προσέληνοι, porque se vanagloriaban de haber tomado posesion de su país antes que la Luna escoltase á la Tierra. Sér anterior á los Helenos,

era sér anterior á la Luna. La aparicion de un astro nuevo se describia como un acontecimiento celeste, á la manera que el diluvio de Deucalion era un acontecimiento terrestre. Apuleyo estendia esta inundacion hasta las montañas de la Getulia, en el Norte de Africa (*Apología*, t. II, p. 494. Véase tambien el *Cosmos*, t. II, p. 413, nota 53). En Apolonio de Rodas (libro IV, v. 264), que, siguiendo la moda de los Alejandrinos, se remontaba gustoso á las antiguas tradiciones, se habla del establecimiento de los Egipcios en el valle del Nilo: «Entonces, dice, todos las astros no describian aun su órbita en el Cielo. Todavía no se habia oido hablar de la raza sagrada de Danao (18).» Ese curioso pasaje sirve para comprender mejor las pretensiones de los Arcadios-Pelasgos.

Doy fin á estas consideraciones acerca del órden y las distancias de los planetas, enunciando una ley que en verdad no merece tal nombre, á la que Lalande y Delambre llaman juego de cifras, y otros, espediente mnemónico. Sea como quiera, ha ocupado mucho á nuestro sábio astrónomo Bode, sobre todo en la época en que Piazzi descubrió el pequeño planeta Ceres, descubrimiento al cual por otra parte no llegó Piazzi en modo alguno por esta ley, sino que mas bien fué producido por una falta tipográfica en el catálogo de Estrellas de Wollaston. Si se quisiera considerar este descubrimiento, como la realizacion de una profecía, no deberia olvidarse que la prediccion, como se ha hecho notar ya, se remonta hasta Keplero, es decir, siglo y medio antes de Ticio y de Bode. Aunque Bode en la segunda edicion de la obra tan útil y tan popular titulada: *Introduccion al conocimiento del cielo estrellado*, ha declarado muy espresamente que tomaba la ley de las distancias de una traduccion de la *Contemplacion de la Naturaleza* de Bonnet, publicada en Witemberg por el profesor Ticio, esta ley, sin embargo, lleva las mas veces su nombre y no el de Bonnet.

Hállase formulada en una nota puesta por Ticio al capítulo de Bonnet acerca de la estructura del Mundo. Despues del enunciado de dicha ley, se lee (19): «Si se supone dividida en 100 partes la distancia del Sol á Saturno, 4 de esas partes estarán contendidas entre Mercurio y el Sol, y la distancia de Vénus al Sol comprenderá 4+3=7; la de la Tierra 4+6=10; la de Marte 4+12=16. Pero esta progresion tan exacta queda interrumpida de Marte á Júpiter. Si á partir de Marte se cuentan 4+24=28 de esas partes, no se encuentra ni planeta principal, ni satélite. ¿Habria dejado el Creador un espacio vacío? No queda duda de que este espacio pertenece á los satélites de Marte que todavía no se han descubierto, á menos que él mismo Júpiter no tenga un número mayor de satélites, no revelados hasta hoy por el telescopio. Franqueando este espacio desconocido, en cuanto á los cuerpos que le llenan, se encuentra ¡progresion admirable! que la distancia de Júpiter al Sol puede estar representada por 4+48=52, y por último, la de Saturno por 4+96=100.» Así Ticio estaba dispuesto á llenar el espacio que se estiende entre Marte y Júpiter, no con un solo cuerpo celeste sino con muchos, como así es con efecto en realidad; solo que suponia que esos cuerpos eran satélites y no planetas.

El traductor y comentarista de Bonnet, no se ha cuidado de decir en parte alguna lo que le ha llevado á la cifra 4 para la órbita de Mercurio. Quizá ha elegido esta con el fin de tener exactamente para Saturno, reputado por entonces como el mas lejano de todos los planetas, y cuya distancia es de 9,5, y por lo tanto muy próxima á 10,0, el número 100, combinando la cifra 4 con los números 96, 48, 24, etc., que forman una progresion regular. Mas verosímil es esto, que suponer que haya establecido la série empezando por los planetas mas próximos. Ya en el siglo XVIII, no podia esperarse el conciliar con las distancias

conocidas una progresion semejante, tomando por punto de partida no el Sol, sino Mercurio únicamente; las nociones eran ya demasiado precisas. Realmente las distancias que separan á Júpiter, Saturno y Urano, están casi en desacuerdo con esta proporcion; pero el descubrimiento de Neptuno, estremadamente cercano de Urano, la desmintió de nuevo de un modo completo (20).

La ley que lleva el nombre del vicario Wurm, de Leonberg, y que se distingue alguna vez de la ley de Ticio y de Bode, es una simple correccion de la distancia solar de Mercurio y de la diferencia de las distancias de Mercurio y Venus. Wurm, mas aproximado á la verdad en esto, espresa la distancia solar de Mercurio por 387, la de Venus por 680 y la de la Tierra por 1,000 (21). Con motivo del descubrimiento de Palas, Gauss, en una carta dirigida á Zach en el mes de Octubre de 1802, hace justicia á la pretendida ley de las distancias. Véase en qué términos se espresa: «A diferencia de todas las verdades absolutas, únicas que merecen el nombre de ley, la ley de Ticio se aplica á la mayor parte de los planetas solo en un concepto muy superficial é indeterminado, y en manera alguna á Mercurio, lo cual no se habia notado todavía. Es claro que la série de los números 4, 4+3, 4+6, 4+12, 4+24, 4+48, 4+96, 4+192, que determinan las distancias solares, no forman ni remotamente una progresion contínua. Para que así fuera se necesitaria que el término que precede á 4+3 no fuera 4, es decir, 4+0, sino 4+1 $^1/_2$. Por lo demás, no hay inconveniente alguno en buscar en la naturaleza esas relaciones de aproximacion. En todos los tiempos se han entregado á estos juegos de la fantasía los grandes hombres.»

5.° *Masa de los planetas.*—Las masas de los planetas han sido determinadas por medio de sus satélites, cuando los tienen, segun sus relaciones recíprocas, ó segun los

efectos sufridos ó producidos por los cometas de corto periodo. Así es como Encke determinó en 1841, dejándose guiar por las perturbaciones esperimentadas por el cometa que lleva su nombre, la masa, hasta entonces desconocida, de Mercurio. El mismo cometa hace esperar para mas adelante correcciones en la masa de Venus. De igual manera las perturbaciones de Vesta se han aprovechado para Júpiter. El cuadro siguiente contiene las masas de los planetas, segun Encke, tomando por unidad la del Sol. (Véase la 4.ª Memoria de Pons sobre los cometas, en las *Memorias de la Academia de Ciencias de Berlin* para el año 1842, p. 5.)

Mercurio.	$^1/_{4865751}$
Venus.	$^1/_{401839}$
La Tierra.	$^1/_{359551}$
La Tierra y la Luna juntas.	$^1/_{355499}$
Marte.	$^1/_{2680337}$
Júpiter con sus satélites.	$^1/_{1047·879}$
Saturno..	$^1/_{3501·6}$
Urano.	$^1/_{24605}$
Neptuno.	$^1/_{14446}$

La masa á que habia llegado Le Verrier para Neptuno, antes de la comprobacion de su descubrimiento por Galle, ($^1/_{9322}$), era todavía mas considerable, aunque notablemente cerca de la verdad. Resulta de lo que precede, que los planetas, á escepcion de los pequeños, deben estar colocados como sigue, segun el órden de su masa, empezando por el que tiene la masa menos considerable:

1.º Mercurio.
2.º Marte.
3.º Venus.
4.º La Tierra.
5.º Urano.
6.º Neptuno.
7.º Saturno.
8.º Júpiter.

Así el órden de las masas, como tampoco el de los volúmenes y de las densidades, tiene nada de comun con el órden de las distancias solares.

6.° *Densidad de los planetas.*—Combinando los resultados indicados precedentemente para los volúmenes y las masas, y tomando sucesivamente por unidad la densidad de la Tierra y la del agua, se llega á las siguientes relaciones numéricas:

PLANETAS.	DENSIDAD DE LOS PLANETAS comparada con la de la Tierra.	DENSIDAD DE LOS PLANETAS comparada con la del agua.
Mercurio.	1,234	6,71
Venus	0,940	5,11
La Tierra.	1,000	5,44
Marte.	0,958	5,21
Júpiter.	0,243	1,32
Saturno	0,140	0,76
Urano	0,178	0,97
Neptuno	0,230	1,25

Al comparar en el cuadro que precede, la densidad de los diferentes planetas con la del agua, háse tomado por base la densidad de la Tierra. Los esperimentos hechos por Reich, en Freiberg, con la balanza de torsion, han dado 5,4383. Cavendish, despues de esperiencias análogas, habia llegado, segun los cálculos exactísimos de Francisco Baily, á 5,448. Como se ve, esos dos resultados difieren muy poco. El mismo Baily por cuenta propia encontró 5,660. En el cuadro anterior se observa que, segun las determinaciones de Encke, Mercurio está, tocante á la densidad, muy próximo de los planetas de media magnitud.

Este cuadro de las densidades, recuerda la division de los planetas en dos grupos separados por la zona de los pequeños planetas. Marte, Venus, la Tierra y aun Mercurio, presentan pocas diferencias de densidad; así tam-

bien los planetas mas apartados del Sol, Júpiter, Neptuno, Urano y Saturno, aunque de cuatro á siete veces menos densos que el primer grupo, tienen bajo esta relacion muchas analogías entre sí. La densidad del Sol, tomando la de la Tierra por unidad, es 0,252; está, por consiguiente, con la del agua en la razon de 1,37 á 1, es decir, que es un poco mayor que la densidad de Júpiter y la de Neptuno. El Sol y los planetas pueden, pues, colocarse como sigue segun el órden de su densidad (22):

1.° Saturno.	5.° El Sol.
2.° Urano.	6.° Venus.
3.° Neptuno.	7.° Marte.
4.° Júpiter.	8.° La Tierra.

9.° Mercurio.

Adviértese que aun cuando generalmente los planetas mas densos son los mas próximos al Sol, no puede decirse con fundamento, considerándolos separadamente, que su densidad está en razon inversa de las distancias, como parecia creer Newton (23).

7.° *Duracion de la revolucion sideral de los planetas y de su rotacion.*—Damos únicamente aquí las revoluciones siderales, es decir, la duracion verdadera de las revoluciones, tomando por punto de partida las estrellas fijas ó cualquier otro punto determinado del Cielo. Durante el curso de una revolucion semejante, los planetas recorren alrededor del Sol una órbita completa de 360°. Es preciso guardarse mucho de confundir las revoluciones siderales con las revoluciones trópicas ó las revoluciones sinódicas. La duracion de la revolucion trópica es el intervalo que el Sol tarda en volver al equinoccio de la primavera: la duracion de la revolucion sinódica es el intervalo que separa dos conjunciones ó dos oposiciones consecutivas.

PLANETAS.	DURACION de la REVOLUCIÓN SIDERAL.	ROTACION.
Mercurio.	87d ,96928	. . . .
Vénus.	224 ,70078	. . . .
La Tierra.	365 ,25637	0d 23h 56′ 4″
Marte.	686 ,97964	1 0 37′ 20″
Júpiter.	4332 ,58480	0 9 55′ 27″
Saturno.	10759 ,21981	0 10 29′ 17″
Urano.	30686 ,82051	. . . .
Neptuno.	60126 ,7	. . . .

Pueden presentarse esos diferentes períodos bajo una forma mas fácil de apreciar.

Mercurio	87d	23h	15′	46″
Vénus	224	16	49′	7″
La Tierra	365	6	9′	10″,7496

(De donde se deduce que la revolucion trópica de la Tierra ó la duracion del año solar es de 365d 24,222, es decir, 365d 5h 48′ 47,″ 8091. En 100 años las irregularidades en la retrogradacion de los equinoccios abrevian el año solar en 0″,595.)

Marte	1a	321d	17h	30′	41″
Júpiter	11	314	20	2′	7″
Saturno	29	166	23	16′	32″
Urano	84	5	19	41′	36″
Neptuno	164	225	17		

Los grandes planetas esteriores, que invierten mayor tiempo en hacer su revolucion, son los que giran con mas rapidez sobre sí mismos. Los pequeños planetas interiores, mas próximos al Sol, son por el contrario, los que verifican su rotacion mas lentamente. Los períodos de revolucion de los asteróides comprendidos entre Marte y Júpiter, pre-

sentan grandes diferencias de las cuales hablaremos cuando tratemos brevemente de cada uno de ellos en particular; basta aquí consignar que la revolucion mayor es la de Higia, y la mas corta la de Flora.

8.° *Inclinacion de las órbitas planetarias y de los ejes de rotacion.*—Despues de las masas de los planetas, los elementos mas importantes de que dependen las perturbaciones, son, la inclinacion y la escentricidad de sus órbitas. La comparacion de esos elementos en los tres grupos sucesivos de Mercurio á Marte, de Flora á Higia, de Júpiter á Neptuno, ofrece semejanzas y contrastes que llevan á consideraciones interesantes acerca de la formacion de esos cuerpos celestes y los cambios que han podido esperimentar, durante largos períodos de tiempo. Los planetas que describen alrededor del Sol elipses tan diferentes, están tambien situados en planos distintos. Con el fin de hacer posible una comparacion numérica, se los refiere á todos á un plano fundamental fijo, ó se supone que se mueven segun una ley determinada. El plano mas apropósito para este uso es ó la eclíptica, es decir, el plano en el cual se mueve la Tierra, ó el ecuador del esferóide terrestre. En el cuadro siguiente unimos á las inclinaciones de las órbitas de los planetas sobre la eclíptica y sobre el ecuador terrestre, las inclinaciones de sus ejes de rotacion sobre el mismo plano de sus órbitas, siempre que han podido determinarse esas inclinaciones con alguna certeza.

PLANETAS.	INCLINACION de las ÓRBITAS de LOS PLANETAS sobre la ECLÍPTICA.	INCLINACION de LAS ÓRBITAS DE LOS PLANETAS sobre el ECUADOR TERRESTRE.	INCLINACION del EJE DE LOS PLANETAS sobre el PLANO DE SUS ÓRBITAS.
Mercurio. . .	7° 0′ 5″,9	28° 45′ 8″	. . . .
Vénus. . . .	3° 23′ 28″,5	24° 33′ 21″	. . . .
La Tierra. . .	0° 0′ 0″	23° 27′ 54″,8	66° 32′
Marte.	1° 51′ 6″,2	24° 44′ 24″	61° 18′
Júpiter. . . .	1° 18′ 51″,6	23° 18′ 28″	86° 54′
Saturno. . .	2° 29′ 35″,9	22° 38′ 44″	. . . .
Urano. . . .	0° 46′ 28″,0	23° 41′ 24″	. . . .
Neptuno. . .	1° 47′	22° 21′	. . . .

Hemos despreciado los pequeños planetas, porque forman un grupo distinto del cual volveremos á ocuparnos mas adelante. Si se esceptúa el planeta mas cercano al Sol, Mercurio, cuya órbita está inclinada sobre la eclíptica en una cantidad (7°0′5″,9) muy aproximada de la que mide la inclinacion del ecuador solar (7°30′), se observa que la inclinacion de los otros siete planetas está comprendida entre 0° $^3/_4$ y 3° $^1/_2$. Júpiter es el que se acerca mas á la perpendicular, respecto de la inclinacion del eje de rotacion sobre el plano de la órbita. En Urano, por el contrario, el eje de rotacion, á juzgar por la inclinacion de las órbitas de los satélites, coincide casi con el plano de la órbita.

Como de la inclinacion del eje de la Tierra sobre el plano de su órbita, es decir, de la oblicuidad de la eclíptica, ó en otros términos aun, del ángulo que forma la órbita aparente del Sol en el punto donde corta al ecuador, dependen la division y duracion de las estaciones, las alturas del Sol bajo diferentes latitudes y la longitud del dia,

este elemento es de gran importancia para determinar los climas astronómicos, es decir, la temperatura de la Tierra, en tanto que es producido por la altura meridiana del Sol, y por la duracion de su presencia sobre el horizonte. Suponiendo considerable la oblicuidad de la eclíptica en el caso, por ejemplo, en que el ecuador de la Tierra fuese perpendicular al plano de su órbita, cada punto de la Tierra, incluso los polos, tendria al Sol en el zénit una vez al año, y no lo veria salir, durante un espacio de tiempo mas ó menos largo. Bajo cada latitud, el contraste entre el invierno y el verano llegaria al máximum para la temperatura, como para la duracion del dia. Los climas serian por todas partes estremados, y no podrian templarse sino por una complicacion infinita de corrientes de aire que variarian á cada instante. Si, por el contrario, suponemos nula la oblicuidad de la eclíptica, es decir, si se representa la eclíptica coincidiendo con el ecuador terrestre, cesarian por do quiera las diferencias de estacion, y la duracion del dia seria por todas partes la misma, porque el curso aparente del Sol seguiria incesantemente al ecuador. Los habitantes de los polos verian siempre al Sol en el horizonte. La temperatura media anual, sobre cada punto de la superficie terrestre, seria la de cada uno de los dias del año, en el mismo lugar (24). Este estado se ha comparado al de una primavera eterna; la comparacion no estaria justificada mas que por la igualdad constante que se estableceria entre la duracion de los dias y la de las noches. Privados sin embargo del calor estival que fecundiza la vegetacion, gran número de las regiones de que se compone la zona templada, gozarian con efecto, de ese clima invariable y nada deseado de la primavera, que reina bajo el ecuador en la cadena de los Andes, y por el cual he sufrido personalmente sobre las mesetas desiertas ó *Paramos*, situadas cerca de las nieves perpétuas, á 10,000 ó 12,000 piés

de altura (25). En esas regiones, la temperatura del aire en que oscila el dia es de 4° $^1/_2$ y 9° Reaumur.

Los Griegos trataron mucho de la oblicuidad de la eclíptica, la midieron de un modo imperfecto y se entregaron á diferentes conjeturas sobre las variaciones á que podia estar sujeta, y sobre los efectos que debian resultar de la inclinacion del eje terrestre para los climas y el desarrollo de la naturaleza orgánica. Esas especulaciones fueron sobre todo notables en Anaxágoras, de la escuela pitagórica, y en Œnopide de Chio. Los pasajes que pueden ilustrarnos en este asunto son insuficientes y muy poco decisivos, aunque permiten conocer que se hacia remontar el desarrollo de la vida orgánica y la formacion de los animales, á la época en que comenzó la inclinacion del eje terrestre. Segun un testimonio de Plutarco (*Opiniones de los Filósofos*, lib. II, cap. 8), Anaxágoras creia que el Mundo, en su constitucion y cuando hizo salir de su seno los séres animados, se inclinó por sí mismo hácia el Mediodia. Diógenes Laërcio (lib. II, cap. 3, § 9), tambien hace hablar á Anaxágoras en el mismo sentido. «Segun este filósofo, dice, los astros todos se movian en el principio, como si hubieran estado fijos en una bóveda, de suerte que el polo parecia hallarse siempre sobre una línea vertical; pero mas adelante tomaron una posicion inclinada.» Representábase la inclinacion de la eclíptica como un hecho realizado en un principio en la historia del Mundo, y sin que para nada se tratara de cambio progresivo ni subsiguiente.

Las dos situaciones estremas en las que Júpiter y Urano se acercan mas, hacen pensar naturalmente en la influencia que un aumento ó una disminucion en la oblicuidad de la eclíptica, podrian tener sobre las relaciones meteorológicas de nuestro planeta y sobre el desarrollo de la vida orgánica, si esta diferencia no estuviera restringida á estrechos límites. El conocimiento de esos límites, objeto de

los grandes trabajos de Leonardo Euler, de Lagrange y de Laplace puede considerarse como una de las mas brillantes conquistas de la astronomía teórica y que mejor indica el perfeccionamiento del alto análisis. Laplace afirma en su *Esposicion del Sistema del Mundo* (p. 303, edic. de 1824), que la oblicuidad de la eclíptica no oscila mas de 1° 1/2 de los dos lados de su posicion media. Tambien la zona tropical ó el trópico de Cáncer, que es estremidad septentrional, puede aproximarse á las regiones que habitamos en este límite de 3° (26). Sucede en esto, como si prescindiendo de otras causas de perturbaciones meteorológicas, se transportase insensiblemente Berlin desde la línea isoterma que hoy ocupa á la de Praga; la temperatura media anual subiria apenas un grado centígrado (27). Biot cree tambien que las variaciones en la oblicuidad de la eclíptica permanecen encerradas en límites muy estrechos, pero juzga mas prudente no espresar esos límites en cifras. «La disminucion lenta y secular de la oblicuidad de la eclíptica, dice, presenta estados alternativos que producen una oscilacion eterna comprendida entre límites fijos. La teoría no ha podido llegar todavía á determinar esos límites; pero segun la constitucion del sistema planetario ha demostrado que existen y que están muy poco estendidos. Asi, considerando solo el efecto de las causas constantes que obran actualmente sobre el sistema del Mundo, puede afirmarse que el plano de la eclíptica no ha coincidido jamás y no coincidirá nunca con el plano del ecuador, fenómeno que si aconteciese, produciria la primavera eterna» (*Tratado de Astronomía física*, t. IV, p. 91, edic. de 1847).

Mientras que la nutacion del eje terrestre, descubierta por Bradley, depende solo de la influencia que ejercen el Sol y la Luna sobre el aplanamiento polar de nuestro planeta, las variaciones en la oblicuidad de la eclíptica, resultan del cambio de lugar de todas las órbitas planetarias.

Actualmente las órbitas están distribuidas de tal manera, que su accion combinada produce una disminucion en la oblicuidad. Esta disminucion es hoy, segun Bessel, de 0″,457 por año. En algunos miles de años, la posicion de las órbitas planetarias, con relacion al plano de la órbita terrestre, habrá variado de tal suerte, que la parte de la precesion debida á los planetas, cambiará de sentido, y resultará de aquí un crecimiento en la oblicuidad de la eclíptica. La teoría enseña que esos períodos crecientes ó decrecientes son de duracion muy desigual. Las observaciones astronómicas mas antiguas que han llegado hasta nosotros con datos numéricos exactos, se remontan al año 1104 antes de la era cristiana, y atestiguan la gran edad de la civilizacion china. Los monumentos literarios de esta nacion apenas son de un siglo mas acá; existe una cronología regular que data, segun Eduardo Biot, del 2700 antes de Jesucristo (28). Bajo el reinado de Tscheu-Kung, hermano de Wu-Wang, la sombra del Sol al medio dia fué medida en los dos solsticios de invierno y de verano con un gnomon de ocho pies. Estos esperimentos que tuvieron lugar en Lo-jang (hoy Ho-nan-fu, de la provincia de Honan, al sud del rio Amarillo), á los 34°46′ de latitud, dieron, para la oblicuidad de la eclíptica 23°54′, es decir, 27′ mas que lo que se halló en 1850 (29). Las observaciones de Pytéas y de Eratóstenes, en Marsella y Alejandría, son posteriores en seiscientos ó setecientos años. Tenemos los resultados de cuatro esperimentos de este género anteriores á la era cristiana, y los de otros siete hechos entre el nacimiento de Jesucristo y las observaciones de Ulugh-Beg, en el observatorio de Samarcanda. La teoría de Laplace está en perfecta consonancia con estos resultados, para un espacio de tiempo de cerca de treinta siglos, salvo algunas diferencias insignificantes, en mas, ó en menos. Hay tanto mayor motivo para celebrar que la medida de longi-

tud de las sombras en tiempo de Tscheu-Kung haya llegado hasta nosotros, cuanto que se ignora por qué casualidad el escrito que la contiene se salvó de la destruccion general de los libros, mandada el año 246 antes de Jesucristo, por el emperador Schi-Hoang-Ti, de la dinastía de los Tsin. Segun las investigaciones de Lepsio, la IVª dinastía egipcia empieza con los constructores de pirámides, Chufu, Schafra y Menkera, veinte y tres siglos antes que las observaciones hechas en Lo-jang. Es de creer, segun esto, si se considera el alto grado de civilizacion que ya gozaba la nacion egipcia y la antigüedad de su calendario, que antes de las medidas de Lo-jang, debieron ejecutarse otras semejantes en el valle del Nilo. Los mismos Peruanos, aunque menos al tanto que los Mejicanos y los Muyscas, que habitan las montañas de la Nueva-Granada, de las rectificaciones del calendario é intercalaciones, tenian algun gnomon formado por un círculo trazado alrededor de una aguja, sobre una superficie muy compacta. Estos gnomon estaban en medio del gran templo del Sol en Cuzco, y en otros muchos lugares. El de Quito, colocado casi cerca del ecuador, era tenido en mas honor que los otros, y habia la costumbre de coronarlo de flores en las fiestas de los equinoccios (30).

9.° *Escentricidad de las órbitas planetarias.*—La forma de una elipse está determinada por la longitud del eje mayor y la distancia de los dos focos. Para las órbitas de los planetas la distancia que se llama escentricidad, comparada con el semi-eje mayor de la órbita, varía desde 0,006, como en la órbita de Vénus que se acerca mucho á la forma circular, hasta 0,205 en la órbita de Mercurio, y 0,255 en la de Juno. Los planetas de órbita menos escéntrica son, despues de Vénus y Neptuno, la Tierra, cuya escentricidad disminuye 0,00004299 en cien años, aumentando en la misma proporcion el eje menor; despues, Urano, Júpiter,

Saturno, Ceres, Egeria, Vesta y Marte. Las órbitas mas escéntricas son las de Juno (0,255), Palas (0,239), Iris (0,232), Victoria (0,217), Mercurio (0,205) y Hebé (0,202). Hay planetas cuya escentricidad va creciendo: á este número pertenecen Mercurio, Marte y Júpiter. En otros por el contrario decrece: tales son Vénus, la Tierra, Saturno y Urano. El cuadro siguiente indica las escentricidades de los planetas mayores segun Hansen, para el año 1,800. Mas adelante se hallarán las escentricidades de los pequeños planetas con los elementos restantes de sus órbitas.

Mercurio	0,2056163
Vénus	0,0068618
La Tierra	0,0167922
Marte	0,0932168
Júpiter	0,0481621
Saturno	0,0561505
Urano	0,0466108
Neptuno	0,00871946

El movimiento del eje mayor, que cambia el perihelio de los planetas, se realiza progresivamente, de una manera incesante y segun direccion fija. Las líneas de los apsides así modificadas necesitarian mas de cien mil años para verificar su ciclo. Es muy esencial distinguir esa alteracion de las que esperimenta la forma elíptica de las órbitas. Se ha tratado de saber si la importancia creciente de esos elementos podria, despues de un gran número de siglos, modificar considerablemente la temperatura de la Tierra é influir sobre la suma total y la distribucion del calor en las diferentes partes del dia y del año; si esas causas astronómicas, obrando regularmente segun leyes eternas no facilitarian la solucion del gran problema geológico, relativo á las plantas y á los animales de los trópicos que se han encontrado enterrados en la zona glacial. Ciertos razonamientos matemáticos se han tomado como alarmantes para los espíritus

tocante á la posicion de los apsides y la forma de las órbitas, segun que esas órbitas se aproximan mas á la forma circular ó á la escentricidad de los cometas, tocante á la inclinacion de los ejes, el cambio en la oblicuidad de la eclíptica y la influencia que la precesion de los equinoccios puede ejercer en la duracion del año; pero esos mismos razonamientos sometidos á un análisis mas severo proporcionan tambien para el porvenir del mundo, motivos de seguridad. Los grandes ejes y las masas no cambian. La ley de la vuelta periódica, acusa el crecimiento indefinido de ciertas perturbaciones. Las escentricidades, poco sensibles ya por sí mismas, de dos de los planetas mas poderosos, de Júpiter y Saturno, reciben, gracias á influencias recíprocas cuyos efectos se compensan, aumentos y disminuciones alternativas contenidas en límites reducidos y determinados.

A consecuencia del cambio que esperimenta la línea de los apsides, el punto de la órbita terrestre mas cercano al Sol llega gradualmente á caer en estaciones opuestas (31). Si en la actualidad, el astro pasa al perihelio en los primeros dias de enero y al afelio seis meses mas tarde, en los primeros dias de julio, el movimiento progresivo de la línea de los apsides ó gran eje de la órbita terrestre, puede hacer que el máximun de la distancia caiga en invierno, el mínimum en verano, de tal manera que la distancia de la Tierra al Sol sea en el mes de enero 520,000 miriámetros mayor que en el verano, es decir, $^{1}/_{30}$ de la distancia media. Al primer golpe de vista podria creerse que el cambio del perihelio del invierno al verano deberia producir grandes cambios en los climas, y sin embargo, todo quedaria reducido á que el Sol, en esta hipótesis, no prolongaria mas de siete dias su presencia en el hemisferio septentrional, es decir, que no emplearia sino una semana mas, en recorrer la mitad de su órbita desde el equinoccio de la primavera hasta el del otoño, que en recorrer la otra mitad desde el equinoc-

cio de otoño hasta el de la primavera. La diferencia de temperatura, entendiendo por esto los climas astronómicos, y sin considerar la relacion del elemento líquido al elemento sólido sobre la superficie de la Tierra, la diferencia de temperatura, repito, que podria temerse como consecuencia del movimiento de la línea que une los apsides, se halla neutralizada casi enteramente por la circunstancia de que el punto en que nuestro planeta está mas próximo del Sol, es siempre aquel en que su corriente es mas rápida (32). El bello teorema de Lambert, segun el cual la cantidad de calor que la Tierra recibe del Sol en cada parte del año, es proporcional al ángulo descrito durante el mismo espacio de tiempo por el radio vector del Sol, contiene hasta cierto punto la solucion tranquilizadora de este problema (33).

Así el cambio de direccion en la línea de los apsides no ejerceria mas que una débil influencia sobre la temperatura de la Tierra; por otra parte, los límites de los cambios que pueden realizarse con verosimilitud en la elipse de la órbita terrestre, son muy reducidos (34). Esta causa por sí sola, segun Arago y Poisson, no puede modificar los climas sino de una manera muy poco sensible y tan lenta, que los cambios no podrán ser apreciados antes de largos periodos de tiempo. Aunque no se haya llegado todavía á determinar por el análisis exactamente estos límites, hay cuando menos la seguridad de que la escentricidad de la Tierra no puede llegar jamás á la de Juno, Palas y Victoria.

10° *Intensidad de la luz solar sobre los diferentes planetas.*—Tomando por unidad la intensidad de la luz solar sobre nuestro planeta, se llega á los resultados siguientes:

Mercurio.	6,674
Venus.	1,911
Marte.	0,431
Palas.	0,130
Júpiter.	0.036

Saturno.	0,011
Urano.	0,003
Neptuno.	0,001

La escentricidad considerable de los tres planetas que siguen, influye sobre la intensidad de la luz en el perihelio y en el afelio:

Mercurio	en el perihelio	10,58	en el afelio	4,59
Marte	—	0,52	—	0,36
Juno	—	0,25	—	0,09

En razon de la poca escentricidad de la Tierra, la intensidad de la luz no varía para este planeta, del perihelio al afelio, mas que de 1,034 á 0,967. Si la luz es 7 veces mas intensa en la superficie de Mercurio que en la superficie de la Tierra, debe serlo 0,68 veces menos en la superficie de Urano. No hablamos aquí del calor porque este es un fenómeno complicado, que depende de la existencia ó de la no existencia de las atmósferas, de su altura y de su composicion especial. Recordaré aquí solamente la conjetura de Juan Herschell sobre la temperatura que debe reinar en la superficie de la Luna; es posible, segun él, que esceda en mucho á la temperatura del agua en ebullicion (35).

PLANETAS SECUNDARIOS Ó SATÉLITES.

Las consideraciones generales á que puede dar lugar la comparacion de los planetas secundarios han sido espuestas bastante detalladamente en el cuadro de la Naturaleza que ocupa el primer tomo del *Cosmos*. En la época en que apareció no se conocian todavía mas que 11 principales y 18 secundarios. Entre los asteróides ó pequeños planetas telescópicos habian sido señalados 4 únicamente: Céres, Palas, Juno y Vesta. Hoy, en el mes de Agosto de 1851, conocemos 22 planetas principales y 21 satélites. Despues de una inter-

rupcion de 38 años en los descubrimientos de los planetas, desde el año 1807 hasta el mes de Diciembre de 1845, empieza con la Astrea de Encke una série de felices observaciones que revelan la existencia de 10 pequeños planetas hasta mediados del 1851. De este número, 2 fueron vistos por primera vez en Driesen, por Encke (Astrea y Hebé); 4 en Lóndres, por Hind (Iris, Flora, Victoria é Irene); 1 en Markree Castle, por Graham (Metis), y 3 en Nápoles, por de Gasparis (Higia, Parténope y Egeria). El mas lejano de todos los planetas, Neptuno, señalado por Le Verrier en París y reconocido en Berlin por Galle, siguió á Astrea con diez meses de intervalo. Desde este momento los descubrimientos se multiplican con rapidez tal, que desde algunos años, la topografía del sistema solar parece haber envejecido tanto, como las estadísticas geográficas.

De los 21 satélites conocidos hoy, 1 pertenece á la Tierra, 4 á Júpiter, 8 á Saturno, entre los cuales el últimamente descubierto, Hiperion, es el 7.° en el órden de las distancias; Urano tiene 6, de los cuales el 2.° y el 4.° están determinados sobre todo con una gran certeza; Neptuno tiene 2.

Los satélites al girar alrededor de los planetas principales, forman sistemas subordinados, en los que estos planetas desempeñan el papel de cuerpo central, y constituyen sistemas particulares de dimensiones muy diferentes que reproducen en pequeño la imágen del sistema solar. En el estado actual de nuestros conocimientos, el dominio de Júpiter tiene de diámetro 380,000 miriámetros; el de Saturno tiene 780,000. Esas analogías entre los sistemas subordinados y el sistema solar han contribuido en tiempo de Galileo, en que la espresion de *Mundo de Júpiter* (Mundus Jovialis) se hizo de uso muy frecuente, á estender de una manera mas general y mas rápida la teoría de Copérnico, recordando esas semejanzas de forma y de po-

sicion que la naturaleza orgánica se complace tambien en repetir frecuentemente en los grados inferiores de la creacion.

La distribucion de los satélites en el sistema solar es tan desigual, que aunque, los planetas principales acompañados de satélites estén con los que carecen de ellos en la relacion de 5 á 3, los primeros, á escepcion de la Tierra, forman todos parte del grupo esterior situado mas allá de los asteroides de órbitas entrelazadas. El único satélite que se encuentra en el grupo interior, la Luna, ofrece la particularidad de que su diámetro es de una magnitud escesiva relativamente al de la Tierra. Esta relacion es de $^1/_{3,8}$, mientras que en el mayor de los satélites de Saturno, el 6.° por órden de posicion, en Titan, el diámetro apenas es de $^1/_{15,3}$ de el del planeta principal, y que en el mayor de los satélites de Júpiter, que es el 3.° por órden de posicion, esta relacion es solo de $^1/_{25,8}$. Esta magnitud enteramente relativa debe por lo demás distinguirse con cuidado de la magnitud absoluta. El diámetro proporcionalmente tan largo de la Luna, no tiene en definitiva mas que 454 millas geográficas, y cede por consiguiente en magnitud absoluta á los diámetros de los cuatro satélites de Júpiter, que tienen respectivamente 776, 664, 529 y 475. Falta muy poco para que el diámetro del 6.° satélite de Saturno no alcance al diámetro de Marte, que tiene 892 millas geográficas (36). Si los resultados suministrados por el telescopio dependiesen únicamente del diámetro del satélite y no estuviesen subordinados á la proximidad del planeta principal, á la distancia y á la constitucion de la superficie que refleja la luz, podrian considerarse con razon los dos primeros satélites de Saturno, Mimas y Encelado, asi como el 2.° y el 4.° de los satélites de Urano, como los menores de todos los planetas secundarios. Pero es mas seguro designarlos solamente como los mas pequeños puntos lumi-

nosos. Un hecho que parece adquirido para la ciencia es el de que debe buscarse entre los pequeños planetas y no entre los satélites, los menores de todos los cuerpos planetarios (37).

No puede decirse con exactitud que la densidad de los satélites sea siempre menor que la de los planetas principales, como sucede para la Luna, cuya densidad es á la de la Tierra como 0,619 es á 1; lo mismo sucede para el 4.° satélite de Júpiter. En el sistema de Júpiter el 3.er satélite que es el mayor, tiene la misma densidad que el planeta; el 2.° es mas denso. No es tampoco cierto que las masas aumenten con las distancias. Si se supone que los planetas fueron formados de anillos, moviéndose en círculo en el espacio, es preciso que causas que permanecieron eternamente en el misterio, hayan determinado alrededor de tal ó cual núcleo aglomeraciones de magnitudes diferentes, y diversamente condensadas.

Las órbitas de satélites pertenecientes al mismo grupo tienen escentricidades muy distintas. En el sistema de Júpiter, los dos primeros satélites describen casi círculos perfectos, la escentricidad en los dos siguientes se eleva á 0,0013 y 0,0072. En el sistema de Saturno, la órbita del satélite mas aproximado, Mimas, es ya mucho mas escéntrica que la de Encelado y la de Titan, tan claramente determinada por Bessel, y que es á la vez el mayor y mas antiguo de los satélites de Saturno. La escentricidad de Titan no es en verdad mas que de 0,02922. Segun estos datos que merecen confianza, Mimas solo es mas escéntrico que la Luna, cuya escentricidad, igual á 0,05484, tiene de particular que es la mayor escentricidad conocida, relativamente á la del planeta principal alrededor del cual verifica su revolucion. Asi la escentricidad de Mimas, es á la de Saturno como 0,068 es á 0,056; la de la Luna es á la de la Tierra, como 0,054 es á 0,016. Acerca de las distan-

cias de los satélites á los planetas puede verse el primer tomo del *Cosmos* (p. 85). La distancia de Mimas á Saturno no está ya evaluada hoy en 14,857 miriámetros, sino en 18,995, partiendo del centro del planeta, ó en 12,946, á partir de la superficie, de donde resulta que la distancia de este satélite al anillo de Saturno es de mas de 5,000 miriámetros, restando 3,409 miriámetros para el intervalo entre el planeta y el anillo, y 4,486 para la estension misma de dicho anillo (38). El sistema de Júpiter presenta tambien con cierta armonía general, anomalías singulares en las órbitas de sus satélites, que se mueven todos á una pequeña distancia y en el plano del ecuador del planeta. Entre los satélites de Saturno, 7 verifican su revolucion á muy corta distancia del plano del anillo; el 8.° y último, Jafet, está inclinado sobre este plano 12° 14′.

En estas consideraciones generales acerca de las órbitas planetarias, hemos descendido del sistema solar, el mas estenso de los sistemas conocidos, pero que ciertamente no es aun la manifestacion suprema de la atraccion celeste, á los sistemas parciales y subordinados de Júpiter, Saturno, Neptuno y Urano (39). Sí, por una parte, existe en el pensamiento y en la imaginacion del hombre una tendencia innata á la generalizacion, un deseo insaciable de engrandecer, aun mas, el Mundo por sus presentimientos, y á buscar en el movimiento de traslacion que tiene nuestro sistema solar, la idea de una coordinacion mas vasta y elevada (40), háse supuesto tambien, que los satélites de Júpiter podian ser otros tantos centros alrededor de los cuales girasen cuerpos celestes cuya estremada pequeñez los hiciera invisibles. Segun esta hipótesis, á cada uno de los miembros de que se componen los sistemas parciales que tienen su asiento principal en el grupo de los planetas esteriores seguirian otros sistemas análogos y subordinados. El espíritu simétrico del hombre se complace en la reproduccion sucesiva de las

mismas formas, aun cuando se ve obligado para satisfacerse á inventar analogías; pero un serio exámen no permite confundir el mundo real con el mundo ideal, las hipótesis simplemente probables con los resultados fundados sobre observaciones ciertas.

NOCIONES PARTICULARES

SOBRE LOS PLANETAS Y LOS SATÉLITES.

Una descripcion física del Universo tiene por objeto especial, como he dicho ya muchas veces, reunir los resultados numéricos mas importantes y mas seguros que han podido obtenerse en el mundo sideral, como tambien en el dominio terrestre, hasta la mitad del siglo XIX. Las formas y los movimientos de los cuerpos deben estar trazados en ella bajo el triple punto de vista de su creacion, de su existencia y de su medida. Las bases sobre que descansan esos resultados, las conjeturas cosmogónicas que, siguiendo los progresos y las alternativas de nuestros conocimientos, se han producido desde hace millones de años, en cuanto á la formacion y el desarrollo del mundo físico, no entran, á decir verdad, en el círculo de esas investigaciones esperimentales. Puede verse respecto de este asunto el tomo I del *Cosmos*, p. 26-31 y 43.

EL SOL.

En las páginas que preceden, he indicado las dimensiones del Sol y espuesto las opiniones generalmente admitidas hoy acerca de la constitucion física del cuerpo que forma el centro de nuestro sistema. Bastará añadir, segun las observaciones mas recientes, algunas consideraciones suplementarias con respecto á las formas rojizas de que hemos hablado en otro lugar Los importantes fenómenos que

se ofrecieron en el Este de Europa, con ocasion del eclipse total del 28 de Julio de 1851, han corroborado mas la opinion espresada por Arago en 1846, de que las eminencias rogizas semejantes á montañas ó á nubes que en los eclipses se notan en los bordes del disco oscurecido del Sol, pertenecen á la atmósfera gaseosa, es decir, á la mas esterior de las atmósferas de que está rodeado el cuerpo central 41). Esas eminencias se hallaban descubiertas gradualmente al Oeste por la retirada de la Luna, y desaparecian del lado opuesto á medida que la Luna proseguia su carrera hácia el Oriente., (*Obras* de Francisco Arago, t. VII, p. 277; t. IV de las *Noticias científicas*.)

Esas proyecciones marginales tenian una intensidad de luz tal, que se las pudo reconocer con el telescopio á través de las ligeras nubes que las ocultaban, y distinguirlas tambien á simple vista en el interior de la corona.

Alguna de esas eminencias, que tenian el color del rubí ó de la flor del albérchigo, esperimentaron en sus contornos una rápida y sensible alteracion durante el tiempo del eclipse total. Una de ellas parecia encorvada en su estremidad, y muchos observadores creian ver como una columna de humo redondeada, hácia el vértice de la cual flotaba una nube libremente suspendida (42). La altura de las protuberancias fué evaluada en general en 1 ó 2 minutos; y aun hay un punto sobre el cual parecen haber escedido de este límite. Independientemente de esos haces luminosos, en número de 3 á 5, se ven tambien bandas rojas estrechas y dentadas con frecuencia, que parecen adherirse á los bordes de la Luna (43).

Ha podido verse de nuevo y muy distintamente, sobretodo á la entrada, la parte del borde de la Luna que no se proyectaba sobre el disco del Sol (44).

A algunos minutos de los bordes del Sol, cerca de la mayor de las eminencias rojas y encorvadas que acabamos de

indicar, se distinguia un grupo de manchas solares. Cerca del borde opuesto veíase igualmente otra mancha; la distancia que la separaba de él apenas permitia creer que la materia roja y gaseosa de esas exhalaciones saliera de las aberturas en forma de embudo que constituyen las manchas. Pero como con un fuerte aumento se ven distintamente poros en toda la superficie del Sol, la conjetura mas probable es que esas emanaciones de gas y de vapores que, elevándose del cuerpo solar, forman los embudos, se estienden á través de esas aberturas ó á través de los poros mas pequeños, y ofrecen á nuestras miradas, en la tercera envuelta solar, las columnas de vapor rojo y las nubes diversamente configuradas, cuya descripcion hemos hecho (45).

MERCURIO.

Si se tiene presente cuánto se ocuparon los Egipcios de Mercurio, desde los mas remotos tiempos bajo el nombre de Set ó de Horus (46), y los Indios con el de Budha (47); cómo los Aseditas, acostumbrados á contemplar el cielo trasparente de la Arabia occidental, hicieron de este planeta objeto de su culto, con preferencia á todos (48); y cómo por último Tolomeo pudo aprovechar en el libro IX de su libro de *Almagestas* 14 observaciones de Mercurio, remontándose hasta el año 261 antes de nuestra Era, y que proceden en parte de los Caldeos (49), no pueden menos de sorprender las quejas de Copérnico en su lecho de muerte y á los 70 años, porque no habia podido á pesar de su avanzada edad, ver á Mercurio. Sin embargo, los Griegos, impresionados por la intensidad tan viva algunas veces de su luz, caracterizaban á este planeta por el epíteto de centellante (στιλβων) (50). Como Vénus, Mercurio presenta fases, es decir, que su parte iluminada esperimenta variaciones de

forma; apareciendo tambien algunas veces como estrella matutina, y otras como vespertina.

La distancia media de Mercurio al Sol es algo mayor que 8 millones de millas geográficas de 15 al grado, próximamente 6 millones de miriámetros; esto hace 0,3870938 de la distancia media de la Tierra al Sol. En razon á la escentricidad considerable de su órbita, que es de 0,2056163, la distancia de Mercurio al Sol cuenta en el perihelio solo 6 millones $^1/_4$ de millas geográficas, y en el afelio 10 millones. Este planeta verifica su revolucion alrededor del Sol, en 87 de nuestros dias medios, mas 23 horas, 15 minutos y 46 segundos. Observaciones muy poco seguras acerca de la forma del cuerno meridional de su creciente, y el descubrimiento de una banda oscura absolutamente negra hácia el Este, han llevado á Schrœter y Harding á fijar como duracion de su rotacion el espacio de 24 horas 5 minutos.

Segun las determinaciones de Bessel, hechas con motivo del paso de Mercurio el 5 de Mayo de 1832, el verdadero diámetro de este pláneta es de 497 miriámetros, es decir, 0,391 del diámetro terrestre (51).

La masa de Mercurio habia sido evaluada por Lagrange, segun suposiciones muy atrevidas acerca de las relaciones recíprocas de las densidades y de las distancias. El cometa de corto período de Encke suministró el primer medio de corregir este cálculo. Segun Encke, la masa de Mercurio es $^1/_{4\,865\,751}$ de la masa del Sol, lo que da próximamente $^1/_{13,7}$ de la masa terrestre. Laplace ha estimado, segun Lagrange, la masa de Mercurio en $^1/_{2\,025\,810}$ (52); pero no escede apenas en realidad de los $^5/_{12}$ de esa cifra. Esta correccion rebate la hipótesis del crecimiento rápido de las densidades, segun que los planetas estén mas ó menos cercanos al Sol. Si se admite con Hausen, que el volúmen de Mercurio iguala á los $^6/_{100}$ del de la

Tierra, resulta que la densidad de Mercurio es solo de 1,22. «Por lo demas, dice Encke, esas determinaciones no deben considerarse aun sino como un primer ensayo para llegar á la verdad que no adquirió Laplace por completo.» Creíase, no hace aun diez años, que la densidad de Mercurio era casi triple de la de la Tierra: evaluándola entonces, tomando por unidad la de la Tierra, en 2,56 ó 2,94.

VÉNUS.

La distancia media de Vénus al Sol es igual á 0,723 331 7 de la de la Tierra, es decir, igual á 15 millones de millas geográficas ú 11 millones de miriámetros. La duracion de la revolucion sideral de Vénus es de 224 dias, 16 horas, 49 minutos y 7 segundos. Ningun otro planeta principal está tan cerca de la Tierra. Con efecto, se aproxima á una distancia de 3.900,000 miriámetros, pero se aleja tambien hasta 26.000,000 de miriámetros. De aquí las variaciones considerables de su diámetro aparente que solo se podria determinar segun la intensidad de la luz (53). La escentricidad de la órbita de Vénus es únicamente de 0,006 861 82, tomando como siempre el semi-eje mayor por medida. El diámetro de este planeta es de 1,694 millas geográficas ó 1,256 miriámetros, su masa de $^{1}/_{4\,018\,391}$ de la del Sol, su volúmen de 0,957, su densidad de 0,94 relativamente al volúmen y á la densidad de la Tierra.

De los dos pasos de los planetas inferiores que fueron anunciados por primera vez por Keplero en sus Tablas Rudolfinas, el de Vénus es de esencial importancia para la teoría de todo el sistema planetario, en cuanto puede servir para determinar el paralaje del Sol, y por consecuencia la distancia de la Tierra al cuerpo central. Segun las profundas observaciones á que se entregó Encke acerca del paso de Vénus en 1769, y cuyos resultados ha con-

signado en el Anuario de Berlin *(Berliner Jahrbuch* para 1852, p. 323), el paralaje del Sol es de 8″,571 16. Desde el año 1847, el paralaje del Sol es objeto de un nuevo trabajo, basado en la proposicion de un célebre matemático, el profesor Gerling, de Marburg, y por órden del gobierno de los Estados-Unidos. Trátase de determinar este paralaje por medio de observaciones sobre Vénus cerca de su estension oriental y occidental, midiendo micrométricamente las diferencias en ascension recta y en declinacion, bajo latitudes y longitudes muy diferentes de estrellas cuya posicion esté perfectamente fijada. Esta espedicion astronómica se ha dirigido bajo las órdenes de un oficial muy instruido, el teniente Gilliss, hácia Santiago de Chile. Véanse á este respecto las Noticias astronómicas de Schumacher *(Astronomische Nachrichten,* núm. 599, p. 363 y núm. 613, p. 193).

Durante mucho tiempo se han abrigado dudas acerca de la duracion de la rotacion de Vénus. Domingo Cassini en 1669, y Santiago Cassini en 1732, la evaluaron en 23^h 20′, mientras que Bianchini en Roma, adoptaba el largo período de 24 dias $^1/_3$ (54). Vico, despues de una série de observaciones mas exactas, hechas desde 1840 á 1842, dedujo de un gran número de manchas de Vénus la cifra de 23^h 21′ 21″,93.

Esas manchas que cuando Vénus presenta la forma de un creciente están cerca del límite de la sombra y de la luz, son pequeñas, rara vez visibles y muy cambiantes; de donde los dos Herschell han deducido que pertenecen á una atmósfera de Vénus mas bien que á la superficie sólida del planeta (55). La Hire, Schrœter y Mædler han aprovechado las formas cambiantes de los cuernos del creciente, sobre todo del cuerno meridional, para evaluar la altura de las montañas, y muy principalmente para determinar la duracion de la rotacion. No es necesario para esplicar esos

cambios, admitir como pretendió Schrœter en Lilienthal, picos de montañas de 5 millas geográficas de altura, ó de mas de 3 miriámetros: bastan elevaciones como las que ofrece nuestro planeta en los dos continentes (56). Segun lo poco que sabemos acerca de la superficie y constitucion física de los planetas mas próximos al Sol, Mercurio y Vénus, el fenómeno de un resplandor ceniciento y de un desprendimiento de luz propia en estos planetas, fenómeno observado muchas veces en la parte oscura de Vénus por Cristian Mayer, G. Herschell y Harding, permanece siempre muy enigmático (57). No es verosímil que á tan grande distancia pueda la luz reflejada por la Tierra producir un resplandor ceniciento sobre Vénus, como sobre la Luna. Hasta aquí no se ha observado aplanamiento alguno en los dos planetas inferiores, Mercurio y Vénus.

LA TIERRA.

La distancia media de la Tierra al Sol es 12,032 veces mayor que el gran diámetro de nuestro globo. Es, pues, de 20.682,000 millas geográficas ó de 15.346,000 miriámetros á 66,000 miriámetros, es decir, á $^1/_{230}$ próximamente.

La revolucion sideral de la Tierra alrededor del Sol se verifica en $365^d\ 6^h\ 9'\ 10'',7,496$. La escentricidad de su órbita es de 0,01679226; su masa de $^1/_{359,551}$; su densidad con relacion al agua de 5,44. Bessel, despues de sus investigaciones sobre diez medidas de grado, evaluó el aplanamiento de la Tierra en $^1/_{299,153}$; el diámetro ecuatorial es de 1718,9 millas geográficas ó 1,276 miriámetros, el diámetro polar de 1713,1 millas geográficas, ó sean 1271,7 miriámetros (*Cosmos*, t. I, p. 389, núm. 30). Hacemos solo mencion aquí de las evaluaciones numéricas que se refieren á la forma y al movimiento de la Tierra:

todo lo que corresponde á la constitucion física de este planeta está reservado para la última parte del *Cosmos*, consagrado enteramente al dominio terrestre.

LA LUNA.

Distancia media de la Luna á la Tierra: 51,800 millas geográficas ó 38,400 miriámetros; revolucion sideral: 27^d 7^h 43′ 11″,5; escentricidad de la órbita lunar: 0,054 844 2; diámetro de la Luna: 336 miriámetros, próximamente $^1/_4$ del diámetro de la Tierra; volúmen: $^1/_{54}$ del volúmen terrestre; masa de la Luna, segun Lindenau: $^1/_{87,73}$: segun Peters y Schidloffsky: $^1/_{81}$ de la masa de la Tierra; densidad: 0,619, próximamente $^3/_5$ de la Tierra. La Luna no tiene aplanamiento sensible; pero la teoría ha determinado una prolongacion muy pequeña en la direccion de la Tierra. La rotacion de la Luna sobre su eje tiene lugar exactamente, y es probable que suceda así para todos los demas satélites, en el mismo tiempo que emplea en verificar su revolucion alrededor de la Tierra.

La luz solar reflejada por la superficie de la Luna es bajo todas las latitudes inferior á la que envia una nube blanca durante el dia. Cuando para determinar longitudes geográficas es preciso medir con frecuencia distancias de la Luna al Sol, hay de ordinario dificultad en descubrir el disco lunar rodeado de un conjunto de nubes mas brillantes. Podia yo distinguir mas fácilmente la Luna sobre las órbitas de doce á diez y seis mil piés de altura, desde donde no se vé en el Cielo á través de la límpida atmósfera de las montañas, mas que ligeros cirros cuyas huellas ligeras envian una luz muy débil; los rayos de la Luna, atravesando capas de aire menos densas, pierden entonces una parte menor de su intensidad. La relacion entre el brillo del Sol y el de la Luna llena exige nuevas evaluaciones; puesto

que la medida dada por Bouguer, y generalmente admitida ($^1/_{300,000}$), está en tan poca armonía con la de Wollaston ($^1/_{800,000}$), que á decir verdad, es menos probable (58).

La luz amarilla de la Luna parece blanca de dia, porque roba á las capas azules del aire que atraviesa el color complementario del amarillo (59). Segun las numerosas observaciones que ha hecho Arago con su polaríscopo, hay en la luz de la Luna luz polarizada, sobre todo en los cuartos y en las manchas de color gris del disco lunar, por ejemplo, en el gran círculo oscuro y alguna vez verdoso que lleva el nombre de Mare Crisium. El tinte oscuro de la region circundante añade un efecto de contraste que hace mas notable todavía el fenómeno. En cuanto á la montaña brillante que ocupa el centro del grupo Aristarco y sobre la cual se ha creido observar muchas veces signos de actividad volcánica no ha producido mas luz polarizada que las otras partes del disco lunar. En la Luna llena no se vé mezcla alguna de luz polarizada; pero durante el eclipse total de 31 de Mayo de 1848, Arago encontró indicios ciertos de polarizacion en el disco rogizo de la Luna. Puede verse respecto de este fenómeno, del que nos ocuparemos mas adelante, el tomo VII de las *Obras* de Arago, p. 238 (t. IV de las *Noticias científicas*).

La Luna emite calor: este descubrimiento que como tantos otros halló mi ilustre amigo Melloni, debe estar colocado entre los mas importantes y mas estraordinarios de este siglo. Despues de bastantes ensayos infructuosos, desde los de La Hire hasta los del ingenioso Forbes (60), Melloni ha encontrado el medio, con un lente graduado de tres pies de diámetro, destinado al Instituto meteorológico del Vesubio, de observar de la manera mas clara las elevaciones de temperatura subordinadas á las diferentes fases de la Luna. Mossotti y Belli, profesores de las universidades de Pissa y de Pavia, fueron testigos de esas esperiencias

cuyos resultados variaron segun la edad y la altura de la Luna. Pero en esta época, verano del año 1846, no se habia determinado todavía á qué fraccion de un termómetro centígrado corresponde el ascenso de temperatura observado en la pila telescópica de Melloni (61).

La luz cenicienta que se vé en una parte del disco lunar, cuando pocos dias antes ó despues de su renovacion presenta solo un estrecho creciente iluminado por el Sol, no es otra cosa que la luz terrestre que vá á tocar á la Luna, es decir, «el reflejo de un reflejo.» Cuando menos iluminada nos parece la Luna, tanto mas iluminado está el globo por ella. Por otra parte, la luz que la Tierra envia á la Luna es 13 veces y media mas estensa que la que recibe de ella; y es tal, que despues de una segunda reflexion podemos todavía apreciarla. Esta luz cenicienta permite reconocer por medio del telescopio las manchas principales y los vértices de las montañas que brillan en los paisajes de la Luna, como otros tantos puntos luminosos. Tambien se vé un resplandor gris cuando la Luna está fuera de la sombra en mas de su mitad (62). Observados estos fenómenos en las regiones tropicales, sobre las altas mesetas de Quito y de Méjico, producen una impresion particular. Desde Lambert y Schrœter es general la opinion de que las diferencias en la intensidad de la luz cenicienta dependen de la mayor ó menor fuerza con que es reflejada la luz solar que hiere la superficie de nuestro globo, segun que sea enviada por masas continentales cubiertas de arenas, praderas, bosques tropicales y rocas áridas, ó bien por las estensas llanuras del Océano. El 14 de Febrero de 1774, Lambert observó con un anteojo llamado investigador, que la luz cenicienta se convertia en un tinte de aceituna tirando á amarillo. «La Luña, dice Lambert refiriéndose á esta notable observacion, estaba entonces verticalmente sobre el Océano Atlántico, y recibia sobre su hemisferio de

sombra la luz verde de la Tierra, reflejada bajo un cielo sereno por las regiones frondosas de la América meridional (63).

El estado meteorológico de nuestra atmósfera modifica la intensidad de la luz terrestre que realiza el doble trayecto de la Tierra á la Luna, y de la Luna á nuestra vista. Tambien será posible desde hoy, como dice Arago (64), merced á los instrumentos disponibles para ello, leer en cierto modo en la Luna el estado medio de transparencia de nuestra atmósfera. Képlero, en la obra titulada: *ad Vitellionem Paralipomena, quibus Astronomiœ pars optica traditur* (1604, p. 254), atribuye las primeras nociones exactas acerca de la naturaleza de la luz cenicienta á su venerado maestro Mæstlin, que presentó esta esplicacion en tésis sostenidas públicamente en Tubinga, en 1596. Galileo hablaba en su *Sidereus Nuncius* (p. 26), de esta reflexion de la luz terrestre, como de un hecho descubierto por él mismo hacia mucho tiempo; pero ya 100 años antes de Mæstlin y Galileo, la esplicacion del reflejo visible de la luz terrestre sobre la Lua no habia pasado desapercibida al genio universal de Leonardo de Vinci, como lo acreditan sus manuscritos largo tiempo olvidados (65).

Rara vez acontece que en los eclipses totales de Luna desaparezca esta por completo. Segun la observacion mas antigua de Képlero (66), sucedió así el 9 de diciembre de 1601, y en época ya mas próxima el 10 de junio de 1816, en Lóndres. No pudo verse la Luna ni con telescopio. La causa de este fenómeno singular debe depender del estado imperfectamente conocido en que se encontraban, bajo la relacion de la diafanidad, algunas de las capas de nuestra atmósfera. Hevelio dice espresamente que en el eclipse total de 25 de abril de 1642, el cielo perfectamente puro estaba cubierto de estrellas centelleantes, y sin embargo, aunque empleó muy diversos aumentos, el disco lunar permaneció

invisible. En otros casos tambien muy raros, ciertas partes de la Luna son las únicas visibles, pero lo son débilmente. Lo ordinario en un eclipse total es ver enrojecer la Luna, pasando por todos los grados de intensidad y llegar hasta el rojo del fuego, cuando está apartada de la Tierra. Hace medio siglo, el 29 de marzo de 1801, mientras que estábamos mojando en la isla de Baru, no lejos de Cartagena de Indias, me sorprendió vivamente, al observar un eclipse, ver como bajo el cielo de los trópicos, el disco de la Luna parecia mas rojo que en mi patria (67). Es sabido que dicho fenómeno es un efecto de la refraccion, por la inflexion de los rayos solares á su paso por la atmósfera terrestre (68, y su entrada en el cono de sombra, como dice perfectamente Képlero en sus *Paralipomena ad Vitellionem* (pars optica, p. 893). Por lo demás, el disco rojo ó ardiente no está nunca coloreado por igual; algunos sitios permanecen oscuros y pasan por tintas mas ó menos sombrías. Los Griegos habian formado una teoría muy estraordinaria respecto de los diferentes colores que debia presentar el disco lunar, segun la hora del dia en que se producia el eclipse (69).

La larga discusion sobre la existencia probable ó no probable de una envuelta atmosférica en el globo lunar, tuvo por resultado probar, por observaciones precisas, de ocultaciones de estrellas, que no tienen refraccion los rayos luminosos en los bordes de la Luna. Así están destruidas las hipótesis de Schrœter acerca de una atmósfera y un crepúsculo lunares (70). «La comparacion de los dos valores del diámetro de la Luna, uno de los cuales se obtiene directamente, dice Bessel, deduciéndose del tiempo que dura la ocultacion de una estrella, enseña que la luz es-estelar cuando está rasante con el borde de la Luna, no se esvía sensiblemente del camino recto. Si tuviese lugar una refraccion, el segundo valor del diámetro seria menor que el primero, y medidas reiteradas han dado, por el contrario,

determinaciones tan concordantes que jamás ha sido posible encontrar en ellas una diferencia decisiva (71).» La inmersion de las estrellas, que se vé de una manera distinta, sobre todo en el borde oscuro, se verifica instantáneamente y sin disminucion progresiva de brillo; lo mismo sucede para la emersion ó reaparicion.

Puesto que nuestro satélite está privado de envuelta aeriforme, los astros, en la falta de toda luz difusa, se levantan para él, sobre un cielo casi negro aun durante el dia (72). Allí, ninguna onda aérea puede trasmitir el ruido, el canto ni la palabra. Para nuestra imaginacion, que gusta de penetrar en las regiones inaccesibles, el astro de las noches no es mas que un desierto mudo y silencioso.

El fenómeno de la detencion ó adherencia, que algunas veces presenta en el borde de la Luna la estrella inmergida, no puede ser considerado apenas como un efecto de irradiacion, aunque en verdad, por razon de la diferencia de brillo que distingue claramente por parte iluminada directamente por el Sol y la luz cenicienta, la irradiacion en un creciente estrecho haga aparecer la primera como encajada en la segunda (73). Arago, en un eclipse total, vió distintamente adherirse una estrella durante la conjuncion, al disco oscuro de la Luna. ¿Es preciso sobre todo atribuir esas apariencias á algun efecto de sensacion y á causas fisiológicas (74), ó biená las aberraciones de refrangibilidad y de esferoicidad del ojo (75)? Este punto ha sido objeto de discusion entre Arago y Plateau. Para los casos en que los observadores han afirmado haber visto reaparecer la estrella despuesde su desaparicion, y desaparecer luego de nuevo, puede deducirse que la estrella habia encontrado accidentalmente un borde de la Luna erizado de montañas ó mellado por profundos precipicios.

La intensidad muy desigual de la luz reflejada, en las diferentes regiones del disco lunar, y sobre todo la poca

claridad del borde interior, durante las fases, han dado motivo desde los primeros tiempos á algunas conjeturas razonables acerca de las asperezas que presenta la superficie de nuestro satélite. En la pequeña pero curiosa obra de *la Faz que aparece en el disco de la Luna*, dice Plutarco, «que las manchas podrian hacer sospechar gargantas ó valles, y picos de montañas que arrojan grandes sombras, como el monte Athos, cuya sombra llega hasta la isla de Lemnos (76).» Las manchas cubren próximamente $^2/_3$ del disco entero. Cuando el astro está colocado favorablemente, pueden distinguirse á simple vista en una atmósfera serena, las crestas de las regiones montañosas de los Apeninos, el recinto oscuro llamado Grimaldi, el estanque conocido con el nombre de Mare Crisium, y por último el grupo de Ticho, encajado entre un gran número de montañas y de cráteres (77). Segun una suposicion que parece fundada, el aspecto de la cadena de los Apeninos seria especialmente lo que conduciria á los Griegos á esplicar las manchas de la Luna por montañas, y les haria pensar en el monte Athos, cuya sombra cubria la vaca de bronce de Lemnos, en los solsticios. Otra opinion, puramente imaginaria, acerca de las manches de la Luna, era la de Agesianax, que combatia Plutarco, y segun la cual el disco de la Luna nos enviaba por reflexion, como un espejo, la imágen de nuestros propios continentes y del Atlántico. Una creencia muy semejante parece haberse conservado aun en el estado de tradicion popular, en algunas comarcas del Asia (78).

Empleando con cuidado grandes anteojos, se ha llegado insensiblemente á trazar una topografía de la Luna, fundada en observaciones reales; y como, en oposicion, uno de sus hemisferios completo se ofrece á nuestras miradas, conocemos la dependencia general de las montañas de la Luna y su configuracion superficial mucho mejor que la orografía del hemisferio terrestre que comprende el interior

del Africa y del Asia. Generalmente las partes mas oscuras del disco lunar son las mas unidas y las mas bajas; las partes brillantes son las regiones elevadas y montañosas. Pero la antigua division que hacia Képlero en mares y continentes, se abandonó desde hace mucho tiempo; y ya Hevelio, por mas que propagó el uso de términos análogos, dudaba de su exactitud y tenia escrúpulos acerca de esta oposicion de los dos elementos. Apóyanse sobre todo los que combaten la hipótesis de las llanuras líquidas, en la circunstancia comprobada por juiciosas observaciones y hechas á grados de luz muy diferentes, de que en los pretendidos mares de la Luna no hay espacios unidos, por pequeños que sean, presentan todos pues gran número de superficies que se cruzan. Arago ha robustecido los motivos sacados de las desigualdades de superficie, haciendo notar que, apesar de sus asperezas, algunas de esas llanuras podrian formar todavía el lecho de mares poco profundos, puesto que en nuestro globo el fondo accidentado y cubierto de arrecifes del Océano, puede ser visto distintamente á una gran altura, gracias á la superioridad de brillo de la luz que se eleva de las profundidades sobre la que refleja la superficie (t. IX, de las *Obras de Arago*, p. 76 á 80). En el Tratado de Astronomía y de Fotometría que aparecerá muy pronto, Arago se propone llegar por otras razones tomadas de la Optica y que no son de este lugar, á la ausencia probable del agua en nuestro satélite. Las mayores de esas llanuras bajas se encuentran en las regiones del Norte y del Este. La cuenca mal delimitada del Océanus Procellarum es de todas probablemente la de mayor estension; no tiene menos de 50,000 miriámetros cuadrados. Esta parte oscura de la Luna, situada en el hemisferio oriental, que contiene montañas agrupadas en forma de islas, tales como los montes Rifeos, el monte Képlero, el monte Copérnico y los Karpatos, y á la cual se unen el

Mare Imbrium que cubre una superficie de 9,000 miriámetros cuadrados, el Mare Nubium, y tambien en una cierta medida, el Mare Humorum, forma el contraste mas sorprendente con la region luminosa del Sud-Oeste, en la cual están acumuladas las montañas (79). Al Nor-Oeste, se vén dos cuencas mas aisladas y mas herméticamente cerradas; el Mare Crisium que se estiende por un espacio de mas de 1,600 miriámetros cuadrados, y el Mare Tranquillitatis cuya superficie es de 3,100.

El color de esos pretendidos mares no es siempre gris. El Mare Çrisium es de un gris mezclado de verde oscuro. El Mare Serenitatis y el Mare Humorum son igualmente verdes. Por otra parte, cerca de los montes Hercinianos, el recinto aislado designado con el nombre de Lichtenberg, presenta un tinte rojizo. Lo mismo sucede con el Palus Somnii. Las llanuras circulares cuyo centro no está ocupado por montañas, son en su mayor parte de un gris subido tirando á azul y que asemeja al brillo del acero. Las causas de esos tonos diferentes sobre un suelo formado de rocas ó cubierto de sustancias movibles, son completamente desconocidas. Lo mismo que en el Norte de la cadena de los Alpes, el ancho circo de Platon, llamado por Hevelio Lacus niger major, y todavía mas Grimaldi, hácia el ecuador, y Endymion, en la estremidad Nor-Oeste del disco, son los tres sitios reputados como los mas oscuros de la Luna; por el contrario, el punto mas resplandeciente es Aristarco, cuyos vértices lucen alguna vez, en la sombra, con un brillo casi estelar. Todas esas gradaciones de sombra y de luz afectan una placa barnizada de yodo, y merced á fuertes aumentos, se fijan al dagarreotipo con una fidelidad maravillosa. Tengo en mi posesion una imágen de la Luna, obtenida de esta manera por un artista distinguido, Whipple, de Boston ; y aunque solo tiene dos pulgadas de diámetro, reconócese en ella perfectamente lo que

ha dado en llamarse los mares, asi como la série de montañas.

La forma circular que llama la atencion en alguno de los mares, en particular en el Mare Crisium, el Mare Serenitatis y el Mare Humorum, se vuelve á hallar con mucha mas frecuencia todavía, y de una manera general en las partes montañosas de la Luna, sobre todo entre los mismos grupos de montañas que cubren el hemisferio meridional del polo al ecuador, donde terminan en punta. Un gran número de esas eminencias anulares, y de esas circunvalaciones, de las cuales las mayores tienen, segun Lorhmann, mas de 500 miriámetros cuadrados, forman cadenas contínuas, paralelas al meridiano, entre 5° y 40° de latitud austral (80). La region polar boreal no contiene proporcionalmente mas que un pequeño número de ese círculo de montañas: forman por el contrario un grupo no interrumpido sobre el estremo occidental del hemisferio del Norte entre 20° y 50° de latitud. Sin embargo, el Mare Frigoris está á algunos grados solamente del polo boreal, que no ofreciendo como toda la region plana de Nor-Este, mas que algunos cráteres aislados, Platon, Mairan, Aristarco, Copérnico y Képlero, forman un contraste completo con el polo austral, todo erizado de montañas. Alrededor del polo austral brillan picos elevados, penetrados durante lunaciones enteras, de una luz perpétua; verdaderas islas de luz que pueden reconocerse con anteojos de pequeño aumento (81).

Como escepciones de este tipo, tan estendido sobre la superficie de la Luna, de recintos circulares, existen tambien verdaderas cadenas de montañas situadas casi en medio del hemisferio septentrional: tales son los Apeninos, el Cáucaso y los Alpes. Esas cadenas se dirigen del Sud al Norte, formando un arco un poco inclinado hácia el Oeste, y cubren cerca de 32° de latitud. En este espacio están

acumuladas las espaldas de montañas y picos, alguna vez muy agudos, á los cuales se mezclan todavía un pequeño número de círculos y depresiones en forma de cráteres (Conon, Bradley, Calippus), pero cuyo conjunto se acerca mas á nuestras cadenas de montañas. Los Alpes lunares que ceden en altura al Cáucaso y á los Apeninos, entiéndase Cáucaso y Apeninos de la Luna, presentan un valle transversal notablemente ancho, que corta la cadena en la direccion del Sud-Este á Nor-Oeste. Este valle está adornado de vértices que esceden en altura al pico de Tenerife.

Si en la Luna y sobre la Tierra se comparan las alturas de las montañas á los diámetros de esos dos cuerpos celestes, se llega al resultado notable, que las montañas lunares de las cuales, las mas grandes son inferiores solo en 600 toesas á las del globo terrestre, tienen $^1/_{434}$ del diámetro de la Luna, mientras que las de la Tierra, cuatro veces mayores no pasan de $^1/_{1481}$ de su diámetro (82). Entre las 1,095 latitudes medidas sobre la Luna, encuentro 39 superiores á la del Mont Blanch, de 2,462 toesas, y 6 que tienen mas de 3,000. Esas medidas se obtienen bien por los rayos tangentes, determinando la distancia de los vértices que parecen iluminados en la parte de sombra, en el límite de sombra y de luz, bien segun la longitud de las figuras de las sombras proyectadas. Galileo aplicaba ya el primero de esos métodos, como se vé en su carta al Padre Grienberger sobre la Montuositá della Luna.

Segun Mædler, que ha medido cuidadosamente las montañas de la Luna por las longitudes de las cumbres proyectadas, los puntos culminantes son por órden de magnitud decreciente: en el estremo meridional muy cerca del polo, Dœrfel y Leibnitz, á 3,800 toesas; la montaña circular de Newton, cuya escavacion es tal que jamás está iluminado el fondo ni por la Tierra ni por el Sol, á 3,727

toesas; Casatus en el Este de Newton, á 3,569 toesas; Calippus en la cadena del Cáucaso, á 3,190 toesas; los Apeninos, de 2,800 á 3,000 toesas. Es preciso notar aquí que en la carencia de una superficie general de nivel, como la que nos suministra el mar, igualmente distante en todas sus partes del centro del globo terrestre, las alturas absolutas no son rigorosamente comparables entre sí, y que los números anteriores indican solamente, á decir verdad, las diferencias de elevacion entre los vértices y las llanuras ó las depresiones mas cercanas (83). Sorprende mucho que Galileo haya asignado tambien á esas alturas «incirca miglia quattro,» es decir, cerca de una milla geográfica ó 3,800 toesas, lo que en el estado de sus conocimientos hipsométricos, las hacia tener como mas elevadas todas las montañas del globo terrestre.

La superficie de nuestro satélite presenta una apariencia muy singular y misteriosa, que proviene de un efecto óptico de reflexion, y no de accidentes hipsométricos: es esta la de las *bandas luminosas* que desaparecen bajo un dia oblícuo, y que, al contrario de las manchas, se hacen mas visibles cuando la Luna llena, y parecen otros tantos sistemas radiantes. Esas bandas no son contra-fuertes de montañas; no arrojan sombra alguna y corren con igual intensidad de luz sobre las llanuras y las eminencias hasta alturas de 12,000 pies. El mas estenso de esos sistemas radiantes parte del monte Ticho, sobre el cual pueden distinguirse mas de cien bandas luminosas, con una longitud de muchas millas por lo general. Sistemas análogos rodean los montes Aristarco, Képlero, Copérnico y los Karpatos, y están casi todos ligados entre sí. Es difícil imaginar por analogía ó por induccion, qué alteracion particular del suelo puede determinar la presencia de esas cintas luminosas, radiando de ciertas montañas anulares.

El tipo redondeado de que hemos hablado muchas ve-

ces y que casi domina en todas partes del disco de la Luna, ya en los valles, rodeados de circunvalaciones cuyo centro está ocupado frecuentemente por montañas, ya en las grandes montañas circulares y en sus cráteres, de los que se cuentan 22 en Bayer y 33 en Albategnius, debia desde luego inducir á tan profundo pensador como Roberto Hooke, á buscarle su esplicacion en la reaccion del interior de la Luna contra su parte esterior. Atribuyó, pues, este fenómeno al efecto de los fuegos subterráneos y á la irrupcion de los vapores elásticos, ó tambien á una ebullicion que se desprendiéra de las burbujas que van á reventar en la superficie. Esperiencias hechas con sedimentos calcáreos en ebullicion confirmaron sus ideas; y desde entonces comparó las circunvalaciones y sus montañas centrales con las formas del Etna, del pico de Tenerife, del Hécla y de los volcanes de Méjico, descritos por Gage (84).

Viendo Galileo uno de los valles circulares de la Luna, sorprendido sin duda de sus dimensiones, se le representó, segun él mismo cuenta, como una vasta estension de tierra encerrada entre montañas. He hallado un pasaje (85) en el cual compara esos estanques circulares, al gran estanque cerrado de la Bohemia. Muchos de los valles circulares de la Luna no son, en efecto, muy inferiores en estension á dicha comarca; porque tienen un diámetro de 25 á 30 millas geográficas (86). Por el contrario, las montañas anulares propiamente dichas, no tienen mas de 2 ó 3 millas de diámetro. Conon en los Apeninos tiene 2; y un cráter que pertenece á la region luminosa de Aristarco tiene solo 400 toesas de estension; y es, la mitad del cráter de Rucu-Pichincha, situado en las altas mesetas de Quito, y que yo mismo he medido trigonométricamente.

Comparando, bajo la relacion de su naturaleza y de sus dimensiones, los fenómenos de la Luna y los fenómenos tan conocidos de la Tierra, es necesario notar que la mayor

parte de las circunvalaciones y de las montañas anulares de la Luna deben estar consideradas como cráteres de levantamiento de erupciones intermitentes, en el sentido en que lo toma Leopoldo de Buch, pero infinitamente mas vastos que los nuestros. Los cráteres de levantamiento de Rocca Monfina, de Palma, de Tenerife y de Santorin, que llamamos grandes relativamente á las dimensiones que nos son familiares en Europa, desaparecen en presencia de Tolomeo, de Hiparco y de otros muchos cráteres de la Luna. Palma tiene solo 3,800 toesas de diámetro: Santorin; segun la nueva medida del capitan Graves, tiene 5,200; Tenerife, 7,600 todo lo mas; es decir $^1/_8$ ó $^1/_6$ de los diámetros de Tolomeo ó de Hiparco. A la distancia de la Luna, los pequeños cráteres del pico de Tenerife y del Vesubio que tienen 300 ó 400 pies de diámetro, serian visibles á penas con el telescopio. La gran mayoría de los círculos de la Luna no tienen montañas centrales, y allí donde se encuentran, esas montañas se presentan, Hevelio y Macrovio entre otras, bajo la forma de cúpula ó de meseta, no como cono de erupcion, provista de una abertura (87). De los volcanes ígneos que se dice haber sido vistos el 4 de mayo de 1783 en el hemisferio oscuro de la Luna, y de los puntos luminosos observados sobre el monte de Platon por Bianchini, el 16 de agosto de 1725, y por Short, el 22 de abril de 1751, solo hablamos aquí bajo el punto de vista puramente histórico. Desde hace mucho tiempo se han determinado, con efecto, las causas de esas ilusiones producidas por reflejos mas vivos de la luz terrestre, que vienen á herir la parte oscura de la Luna desde ciertos puntos de nuestro globo (88).

Ya se ha hecho muchas veces la observacion juiciosa de que en razon á la falta de agua en la superficie de la Luna, porque las especies de grietas sin profundidad y generalmente en línea recta, á las cuales se dá el nombre de

tajeas, no son en modo alguno rios (89), puede considerarse nuestro satélite próximamente tal como debió ser la Tierra en su estado primitivo antes de estar cubierta de capas sedimentarias ricas en conchas, en cascajos y terrenos de trasporte, debidos á la accion contínua de las mareas ó de las corrientes. Apenas puede admitirse que existan en la Luna algunas capas ligeras de conglomerados y de detritos formados por el frotamiento. En nuestras cordilleras, levantadas sobre las hendiduras de que está surcado el globo, empiezan á reconocerse aquí y allá grupos parciales de eminencias que representan especies de estanques ovalados. ¡Cuán diferente nos pareceria la Tierra de sí misma, si la viésemos despojada de las formaciones terciarias y sedimentarias, así como de los terrenos de trasporte!

Bajo todas las zonas y mas que todos los demás planetas, la Luna anima y adorna el aspecto del firmamento por la diversidad de sus fases y por su rápido paso á través de las constelaciones. Su luz alegra el corazon del hombre y hasta á los animales salvajes, sobre todo en los bosques primitivos de las regiones tropicales (90). La Luna, gracias á la atraccion que ejerce en comun con el Sol, pone en movimiento el Océano, modifica el elemento líquido sobre la Tierra, y por la hinchazon periódica de los mares y los efectos destructivos de las mareas, cambia poco á poco los contornos de las costas, favorece ó contraria el trabajo del hombre, y suministra la mayor parte de los materiales de que se forman los asperones y los conglomerados, cubiertos á su vez por los fragmentos redondeados y sin cohesion de los terrenos de trasporte (91). Asi la Luna obra sin cesar como fuente de movimiento sobre las condiciones geológicas de nuestro planeta.

La influencia incontestable de ese satélite sobre la presion atmosférica, sobre la formacion de las nieblas y la dispersion de las nubes, será tratada en la cuarta y última

parte del *Cosmos*, consagrado por completo al dominio terrestre (92).

MARTE.

El diámetro de este planeta, á pesar de la distancia ya considerable que lo separa del Sol, es solo 0,519 del diámetro de la Tierra, ó de 641 miriámetros. La escentricidad de su órbita es de 0,093 2168; asi que, despues de Mercurio, Marte es de todos los planetas antiguamente conocidos, el que tiene mayor escentricidad. Esta razon y tambien la proximidad á la Tierra hacian á Marte particularmente propio para poner á Képlero en el camino de sus inmortales leyes de los movimientos elípticos. La rotacion de Marte, es segun Mædler y Guillermo Beer, de $24^h 37' 23''$ (93). Su revolucion sideral se verifica en $1^a 321^d 17^h 30' 41''$. La inclinacion de su órbita sobre el ecuador terrestre es de $24^\circ 44' 24''$; su masa es de $^1/_{2680\,337}$; su densidad, con relacion á la de la Tierra, de 0,958. Así como se ha sacado provecho de la pequeña distancia á que se ha aproximado el cometa de Encke á Mercurio, para conocer mejor la masa de este planeta, así tambien llegará un dia en que la de Marte podrá ser rectificada, por medio de perturbaciones que producirá en los movimientos del cometa de Vico.

El aplanamiento de Marte, del que, cosa estraña, dudaba con insistencia el astrónomo de Kœnigsberg, fué reconocido por primera vez por G. Herschell en 1784; pero reinó una larga incertidumbre en cuanto al valor numérico de la depresion. Era esta, segun Guillermo Herschell, de $^1/_{16}$. Arago la midió con mas exactitud en dos veces diferentes, con un anteojo prismático de Rochon; en la primera esperiencia no encontró mas que la relacion de 189 á 194, es decir, $^1/_{38,8}$, y mas recientemente en 1847, $^1/_{32}$, sin embargo estaba dispuesto á creer el aplanamiento de Marte algo mas considerable (94).

Si la superficie de la Luna presenta con la Tierra gran número de relaciones geológicas, Marte no ofrece con nuestro planeta mas que analogías metereológicas. Independientemente de las manchas oscuras, de las cuales unas son negras, y otras, en mucho menor número, de un rojo amarillo (95) y se destacan sobre las regiones verdosas á que se ha dado el nombre de mares (96), se observa tambien alternativamente sobre el disco de Marte, ya en los polos de rotacion, ya en los polos de temperatura, dos manchas de un blanco de nieve (97) que fueron comprobadas desde 1716, por Felipe Maraldi; pero su relacion con las variaciones del clima no fué indicada hasta mas adelante por G. Herschell en las *Philosofical Transactions* para 1784. Esas manchas blancas se agrandan ó disminuyen alternativamente, segun que el polo que cubren se aproxima á la estacion de invierno ó verano. Arago ha medido con el anteojo de Rochon la intensidad de la luz reflejada por esas regiones niveas, y la ha encontrado doble de la que envian todas las demás partes del disco. En la obra intitulada *Physikalischastronomische Beitræge* de Mædler y de Beer, hállanse escelentes dibujos del hemisferio boreal y del hemisferio austral de Marte (98), y este fenómeno singular, único en todo el sistema planetario, está determinado por medio de indicaciones numéricas hechas sobre todos los cambios de temperatura debidos á las diferentes estaciones, y sobre todos los grados de fusion porque hace pasar el verano á las nieves polares. Una serie de observaciones seguidas con cuidado durante diez años, han demostrado tambien que las manchas oscuras de Marte conservan exactamente su forma y su posicion relativa. La aparicion periódica de esos depósitos de nieve, efecto meteorológico subordinado á los cambios de temperatura, y algunos fenómenos ópticos que ofrecen las manchas oscuras, desde que por la rotacion del planeta han sido trasportadas hácia las estremidades del disco, hacen mas

que probable la existencia de una atmósfera envolvente del planeta de Marte.

LOS PEQUEÑOS PLANETAS.

Hemos presentado ya en las consideraciones acerca de los cuerpos planetarios (99), los pequeños planetas llamados tambien asteróides, planetas telescópicos ó ultra-zodiacales, como un grupo intermedio, que forma una zona de separacion entre los cuatro planetas interiores, Mercurio, Vénus, la Tierra y Marte, y los cuatro planetas esteriores Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. La considerable inclinacion y la escentricidad escesiva de sus órbitas enlazadas, así como la pequeñez estraordinaria de los astros que lo componen, dan á ese grupo el mas singular carácter. El diámetro de Vesta mismo no parece llegar á $^1/_4$ del de Mercurio. Cuando en 1845 se publicó el primer tomo del *Cosmos*, no se conocian todavía mas que cuatro de esos pequeños planetas: Céres, Palas, Juno y Vesta, descubiertos por Piazzi, Olbers y Harding, desde el 1.° de enero de 1801 al 29 de marzo de 1807; actualmente en el mes de julio de 1851, acrecentó su número hasta 14; tercera parte de todos los cuerpos planetarios conocidos, inclusos en él los satélites.

Si durante mucho tiempo se dedicaron los astrónomos á multiplicar los miembros de los sistemas subordinados, es decir, de los satélites que gravitan alrededor de los planetas, ó han encaminado sus observaciones hácia los planetas situados en las regiones mas apartadas del otro lado de Saturno y de Urano, hoy desde el descubrimiento accidental de Céres por Piazzi, y el de Astrea debido á las investigacianes de Encke, aun puede decirse tambien, desde los perfeccionamientos llevados á cabo en los mapas celestes (100), particularmente en los de la Academia de Berlin

que contienen todas las estrellas de 9.ª magnitud y parte de las de 10.ª, una zona mas próxima á nosotros nos ofrece campo quizá inagotable para la actividad de los astrónomos. Mérito especial del *Anuario Astronómico,* publicado por el director del observatorio de Berlin, Encke, y por el doctor Wolfers, es el de dar con los mas circunstanciados detalles, las efemérides del grupo siempre creciente de los pequeños planetas. Hasta ahora el espacio mas aproximado á la órbita de Marte parece el mas rico en asteróides; pero resulta ya de las medidas tomadas, que la latitud de esta zona, «abrazando la diferencia de los rayos vectores entre la distancia perihelia mas pequeña, que es la de Victoria y la distancia afelia mayor que es la de Higia, escede á la distancia de Marte al Sol» (1).

Ya he dado antes á conocer la escentricidad de las órbitas que alcanzan su máximum en Céres, Egeria y Vesta, cuyo mínimum, por el contrario, corresponde á Juno, Palas é Iris (2), asi como las inclinaciones sobre la eclíptica que van decreciendo á partir de Palas (34°37′) y de Egeria (16°33′), hasta Higia (3°47′). Doy á continuacion la tabla general de los elementos concernientes á todos los pequeños planetas, que debo á la atencion de mi amigo el doctor Galle.

Elementos de los 14 pequeños planetas, en los tiempos de su oposicion, hácia el año 1851 (a).

	FLORA.	VICTORIA.	VESTA.	IRIS.	MÉTIS.	HEBE.	PARTENOPE.	ASTREA	EGERIA	IRENE.	JUNO.	CERES.	PALAS.	HIGIA.
	1852	1850	1851	1851	1851	1851	1851	1851	1852	1851	1851	1851	1851	1851
E	marzo	octubre	junio	octubre	febrero	julio	octubre	abril	marzo	julio	junio	diciemb.	noviemb.	setiemb.
	24	0	9	1	8	12	22,0	29,5	15,0	1,0	11,5	30,0	5,0	28,5
L	174° 45′	342° 18′	256° 38′	18° 36′	126° 28′	311° 39′	17° 51′	197° 57′	162° 29′	234° 15′	276° 0′	105° 33′	72° 35′	336°45′
π	32 51	301 57	250 52	41 22	71 7	15 17	317 5	135 43	118 17	179 10	54 20	147 59	121 23	228 2
Ω	110 21	235 28	103 22	259 44	68 29	138 31	124 59	141 28	43 18	86 51	170 55	80 49	172 45	287 38
i	5 53	8 23	7 8	5 28	5 36	14 47	4 37	5 19	16 33	9 6	13 3	10 37	34 37	3 47
μ	1086″,04	994″,51	977″,90	963″,03	962″,58	939″65	926″,22	857″,50	854″,96	853″,77	813″,88	770″,75	768″,43	634″,24
a	2,2018	2,3349	2,3612	2,3855	2,3862	2,4249	2,4483	2,5774	2,5825	2,5849	2,6687	2,7673	2,7729	3,1514
e	0,15679	0,21792	0,08892	0,23239	0,12223	0,20186	0,09789	0,18875	0,08627	0,16786	0,25586	0,07647	0,23956	0,10092
U	1193 d	1303 d	1325 d	1346 d	1346 d	1379 d	1399 d	1511 d	1516 d	1518 d	1592 d	1681 d	1687 d	2043 d

E designa la época de la longitud media en el tiempo médio de Berlin; L, la longitud media de la órbita; π, la longitud del perihelio; Ω, la longitud del nudo ascendente; i, la inclinacion sobre la eclíptica; μ, el movimiento diurno medio; a, el semieje mayor; e, la escentricidad; U, la revolucion sideral espresada en dias. Las longitudes están referidas al equinoccio de la época indicada, á la cabeza de cada columna.

(a) Despues que Humboldt redactó este cuadro, hiciéronse nuevos descubrimientos, y se adoptó para el *Cosmos* otro hasta fines del año 1857.

Las relaciones complejas de las órbitas descritas por esos asteróides y la enumeracion de sus grupos apareados, han dado materia á investigaciones ingeniosas, primero á Gould en 2848 (3), despues y muy recientemente á d'Arrest. «Un hecho, dice d'Arrest, parece confirmar sobre todo la idea de una íntima relacion que ligaria entre sí á todos los pequeños planetas; y es que si se consideran sus órbitas bajo la forma material de aros, esos aros estarán enlazados de tal manera, que por medio de uno cualquiera de ellos podrian levantarse todos los demás. Si el planeta Iris descubierto por Hind en el mes de agosto de 1847, nos fuese tovía desconocido, como otros muchos cuerpos celestes que quedan por descubrir indudablemente en esas regiones, el grupo se compondria de dos partes separadas, circunstancia tanto mas singular cuanto que la zona ocupada por esas orbitas es estremadamente estensa (4).»

Puesto que nos hemos propuesto describir, aunque de una manera muy incompleta, cada uno de los miembros que componen el sistema solar, no podemos abandonar ese maravilloso enjambre de planetas, sin recordar las atrevidas ideas de un sábio y profundo astrónomo acerca del orígen de esos asteróides y de sus órbitas enlazadas. El hecho comprobado por los cálculos de Gauss, de que Céres á su paso ascendente á través del plano en que se mueve Palas, se acerca estraordinariamente á este planeta, indujo á Olbers á suponer «que los dos astros Céres y Palas podrian ser muy bien los fragmentos de un solo planeta destruido por alguna fuerza natural, que habria llenado en otro tiempo la gran laguna de Marte á Júpiter, y que debe esperarse que se encontrarán en la misma region nuevos restos análogos, describiendo tambien órbitas elípticas alrededor del Sol (5).»

Es mas que dudoso el que se pueda calcular, aun aproximadamente, la época de este acontecimiento cósmico que

debe remontarse al instante en que aparecieron los pequeños planetas; tan grande es la complicacion causada por el gran número de restos ya conocidos, por los movimientos seculares de los apsides y por la línea de los nudos (6). Olbers indicaba la línea de los nudos de las órbitas descritas por Céres y Palas como correspondiendo al ala septentrional de Virgo y á la Ballena. Ciertamente que fué en la Ballena donde Harding descubrió por casualidad á Juno, construyendo un catálogo de estrellas casi dos años despues del descubrimiento de Palas; y Olbers mismo guiado por su hipótesis, descubrió á Vesta despues de cinco años de investigaciones, en el ala septentrional de Virgo. ¿Son suficientes estos resultados para poner fuera de duda la hipótesis de Olbers? No es este lugar á propósito para resolver semejante cuestion. Las nebulosidades cometarias á través de las cuales se creia en otro tiempo ver los pequeños planetas, han desaparecido bajo la investigacion de instrumentos mas perfectos. Olbers esplicaba tambien los cambios considerables de brillo, á que segun él estaban sujetos los pequeños planetas, por la forma irregular que naturalmente debian tener los fragmentos de un planeta único, roto y reducido á pedazos (7).

JÚPITER.

La distancia media de Júpiter al Sol, puede espresarse, tomando por unidad la distancia de la Tierra al Sol, por 5,202767. El diámetro medio de este planeta, el mayor de todos, es de 14,317 miriámetros, y está, por consiguiente con el de la Tierra en la relacion de 11,255 á 1; escediendo en $^1/_5$ próximamente al de Saturno. La revolucion sideral de Júpiter se verifica en $11^a 314^d 20^h 2' 7''$.

El aplanamiento de Júpiter es, segun las medidas micrométricas de Arago, publicadas en 1824 en la *Esposicion del Sistema del Mundo* (p. 38), como 167 es á 177, es de-

cir, que es de $^1/_{17,7}$, resultado muy parecido al que obtuvieron en 1829, Beer y Mædler, segun los cuales el aplanamiento de dicho planeta está comprendido entre $^1/_{18,7}$ y $^1/_{21,6}$ (8). Segun Hansen y Juan Herschell es de $^1/_{14}$. La observacion mas antigua de que fué objeto el aplanamiento de Júpiter, la de Domingo Cassini, es como ya he dicho, anterior al año 1666. Este hecho tiene una importancia histórica considerable, á causa de la influencia que tuvo, segun la observacion del ingenioso David Brewster, el aplanamiento reconocido por Cassini, sobre las ideas de Newton, respecto de la figura del globo terráqueo. Los *Principia Philosophiæ naturalis* confirman esta hipótesis; pero podian existir dudas sobre las fechas en que fueron publicados respectivamente los *Principia* y las observaciones de Cassini acerca del diámetro polar y el diámetro ecuatorial de Júpiter (9).

Siendo la masa de Júpiter, despues de la del Sol, el elemento mas importante de todo el sistema planetario, debe considerarse como uno de los mas fecundos resultados de la astronomía matemática la exacta evaluacion que hizo de ella Airy en 1834, segun las elongaciones de los satélites especialmente del 4° y merced á las perturbaciones de Juno y de Vesta (10). El valor de la masa de Júpiter ha aumentado relativamente á las antiguas evaluaciones; el de Mercurio por el contrario, se ha reducido. Hoy la masa de Júpiter, sumando con ella los cuatro satélites, está evaluada en $^1/_{1047,879}$, mientras que segun Laplace era solo $^1/_{1066,09}$ (11).

La rotacion de Júpiter se efectua, segun Airy, en $8^h55'21'',3$, tiempo medio. Domingo Cassini fué quien la determinó primero, en 1665, por medio de una mancha que durante gran número de años y hasta 1691, se presentó siempre con el mismo color y los mismos contornos (12); encontrando como resultado $9^h55'$ á $9^h56'$. La

mayor parte de las manchas del mismo género son mas oscuras que la banda de Júpiter; pero no parecen pertenecer á la superficie misma del planeta, puesto que frecuentemente algunas de ellas, particularmente las mas próximas á los polos, tienen una velocidad angular distinta que las de las regiones ecuatoriales. Segun un observador muy hábil, Enrique Schwabe, de Dessau, las manchas oscuras y bien circunscritas se han visto alternativamente, durante muchos años, en una ú otra de las dos zonas ó bandas parduzcas que limitan el ecuador en el Norte y Mediodia, nunca en otra parte. Resulta siempre de aquí que esas manchas no se forman constantemente en los mismos lugares. Alguna vez (me refiero tambien á las observaciones hechas por Schwabe en noviembre de 1834), las manchas de Júpiter observadas por medio de un anteojo de Frauenhofer, con un aumento de 280 veces, se asemejaban á pequeñas manchas del Sol con su penumbra; pero su oscuridad era todavía inferior á la de las sombras de los satélites. El núcleo no es probablemente otra cosa que una parte del cuerpo mismo del planeta, de suerte que, cuando la abertura practicada en la atmósfera permanece siempre sobre el mismo punto, el movimiento de la mancha nos dá la verdadera rotacion de Júpiter. Sucede tambien algunas veces que las manchas se ven como las del Sol. Domingo Cassini reconoció este hecho desde el año 1665.

En la region ecuatorial de Júpiter hállanse dos anchas bandas ó cinturones de color gris ó amarillento, que son mas pálidas hácia los bordes, van poco á poco debilitándose y desaparecen por último completamente. Sus límites, muy desiguales, son cambiantes; las dos bandas están separadas entre sí por una zona ecuatorial muy brillante. La superficie del planeta está cubierta tambien hácia los polos de gran número de bandas estrechas, descoloridas é interrumpidas con frecuencia, y á veces tambien ramificadas sutilmente, pero

siempre paralelas al ecuador. Estos diferentes aspectos se esplican muy fácilmente, si se admite la existencia de una atmósfera turbada en parte por capas de nubes, cuya zona ecuatorial queda transparente y pura de todos los vapores, gracias probablemente á la influencia de los vientos alíseos. Ahora bien: reflejando la superficie de las nubes una luz mas intensa que la superficie del planeta, la parte del suelo que distinguimos á través del aire diáfano, como ya admitia Guillermo Herschell en una memoria añadida en 1793, al volúmen 83 de las *Philosophical Transactions*, debe parecernos mas oscura que las capas nebulosas de donde iradia una gran cantidad de luz reflejada. Por esta razon alternan entre sí bandas oscuras y bandas luminosas. Las primeras parecen tanto menos oscuras cuanto mas cerca de los bordes se las observa, porque entonces el rayo visual dirigido oblícuamente sobre la superficie, no llega á ella sino despues de haber atravesado una capa atmosférica mas espesa y, por consiguiente, reflejando una cantidad mayor de luz (13).

SATÉLITES DE JÚPITER.

Desde la época brillante de Galileo, habia tomado cuerpo la razonable idea de que bajo muchas relaciones, y en el tiempo y en el espacio, el sistema subordinado de Júpiter presenta en pequeño, la imágen del vasto sistema cuyo centro es el Sol. Esta idea propagada con gran rapidez, y casi inmediatamente despues, la observacion de las fases de Vénus, en el mes de febrero de 1610, no contribuyeron poco al éxito general de la teoría de Copérnico. El grupo de las 4 lunas de Júpiter es entre los sistemas esteriores el único grupo del mismo género que no ha tomado incremento desde la época en que fué descubierto por Si-

mon Mario, el 29 de diciembre de 1609, es decir, en el espacio de cerca de dos siglos y medio (14).

La tabla siguiente, debida á Hansen, contiene los tiempos de las revoluciones siderales realizadas por los satélites de Júpiter, su distancia media al planeta, espresada en radios de este planeta, su diámetro y su masa evaluada en fracciones de la masa de Júpiter:

SATÉLITES.	DURACION de una REVOLUC. SIDER.	DISTANCIA á JÚPITER.	DIAMETRO. en MIRIAMETROS.	MASA.
1	1 d. 18 h. 28′	6,049	393	0,0000173281
2	3 13 14	9,623	353	0,0000232355
3	7 13 43	15,350	576	0,0000884972
4	16 16 32	26,998	493	0,0000426591

Si, por consiguiente, la fraccion $^1/_{1047,879}$ espresa la masa de Júpiter y de sus satélites reunidos, la masa del planeta sin los satélites, será de $^1/_{1048,059}$, es decir que pierde por esta sustraccion cerca de $^1/_{6000}$.

Ya antes se han comparado los satélites de Júpiter con los satélites de los otros sistemas, bajo la relacion de las magnitudes, de las distancias y de las escentricidades. La intensidad de brillo de los satélites de Júpiter no varia proporcionalmente á su volúmen, puesto que en general, el tercero y el primero, cuyos diámetros son como 8 es á 5, parecen los mas brillantes, y el segundo,

el mas pequeño y el mas denso de todos, es ordinariamente mas luminoso que el cuarto, designado de ordinario como el menos resplandeciente. Hánse notado tambien en el brillo luminoso de esos satélites, variaciones accidentales atribuidas, ya á modificaciones de la superficie, ya á oscurecimientos en la atmósfera que los envuelve (15). Por lo demás, todos parecen reflejar una luz mas intensa que el planeta mismo. Cuando la Tierra está entre Júpiter y el Sol, y los satélites, moviéndose del Este al Oeste, parecen entrar en el borde oriental del planeta, nos ocultan poco á poco diferentes partes del disco planetario, y se destacan como puntos luminosos sobre ese fondo mas oscuro, pueden distinguirse á su paso, aun con medianos aumentos. Son cada vez mas difíciles de apercibir á medida que se aproximan al centro del planeta. Pound, el amigo de Newton y de Bradley, habia deducido de esta observacion ya antigua que el disco de Júpiter era menos brillante en los bordes que en el centro. Segun Arago, esta asercion, renovada por Messier, está sujeta á objeciones que necesitan esperiencias nuevas y mas delicadas. Júpiter fué visto sin ninguno de sus satélites, por Molineux en el mes de noviembre de 1681, por G. Herschell el 23 de mayo de 1802, y por Griesbach el 27 de setiembre de 1843. Esta invisibilidad de los satélites debe entenderse únicamente en el sentido de que correspondian al disco de Júpiter, y no está en contradiccion con el teorema de donde se ha deducido que los cuatro satélites no pueden ser eclipsados á la vez.

SATURNO.

La duracion de la revolucion sideral ó verdadera de Saturno es de 29 años, 166 dias, 23 horas 16′ 32″. Su diámetro medio es de 11,507 miriámetros, es decir que

está con el de la Tierra en la relacion de 9,022 á 1. La duracion de la rotacion, deducida de la observacion de algunas manchas oscuras, que produce en la superficie el crecimiento de las bandas, es de $10^h\ 29'\ 17''$ (16). A esta velocidad corresponde un aplanamiento considerable. G. Herschell, evaluaba este aplanamiento en 1776, en $^1/_{10,4}$. Bessel, despues de mas de tres años de observaciones en nada discrepaban ha encontrado para magnitud aparente del diámetro polar, á distancia media, 15'',381; para el diámetro ecuatorial 17'',053; queda asi para el aplanamiento $^1/_{10,2}$ (17). El cuerpo del planeta presenta tambien bandas aunque menos fáciles de distinguir que las de Júpiter, si bien algo mas anchas. La mas constante de todas es una faja parduzca, situada en el ecuador, y seguida de otras muchas cuyas formas cambiantes indican un orígen atmosférico. Guillermo Herschell no ha encontrado siempre esas fajas paralelas al anillo que rodea al planeta, y no se estienden tampoco hasta los polos. Es de notar que las regiones polares están sometidas á cambios de brillo que dependen de las estaciones que se suceden sobre el planeta. En el invierno, el polo es siempre mas luminoso, fenómeno que recuerda las variaciones alternativas producidas en las regiones nevadas de Marte, y que no habian pasado desapercibidas á la sagacidad de G. Herschell. Bien que deba atribuirse este crecimiento de intensidad á la formacion temporal de hielos y nieves, ó á la acumulacion de las nubes, siempre acredita efectos producidos sobre una atmósfera por variaciones de temperatura (18).

Hemos dado ya como espresion de la masa de Saturno, la fraccion $^1/_{3501,6}$; el volúmen de este planeta es relativamente inmenso, puesto que su diámetro constituye los $^4/_5$ del diámetro de Júpiter, de donde se deduce que tiene una densidad muy pequeña, que debe decrecer todavía hácia la superficie. Si la densidad fuera la misma por todas partes,

es decir, igual á 0,76 de la del agua, el aplanamiento seria aun mas considerable.

El planeta está rodeado, en el plano de su ecuador, de dos anillos por lo menos, ambos muy delgados y suspendos libremente, y tienen mas brillo que el planeta mismo; siendo el anillo esterior el mas luminoso de los dos (19). La division del anillo que Huygens habia descubierto y señalado como única en 1655 (20), fué bien observada desde luego por Domingo Cassini en 1675, pero no descrita con exactitud sino por G. Herschell, de 1789 á 1792. Desde las observaciones de Schort, se ha probado muchas veces que el anillo esterior estaba dividido por líneas ligeras, pero estas líneas no han sido nunca muy constantes. Bien recientemente, el 11 de noviembre de 1850, Bond, usando en Cambridge, en los Estados-Unidos, del gran anteojo de Merz, dotado de un objetivo de 14 pulgadas, descubrió entre el anillo llamado interior y el planeta, un tercer anillo mas oscuro; y casi simultáneamente, el 25 de noviembre del mismo año, Maidstone señalaba el mismo hecho en Inglaterra. Este tercer anillo está separado del segundo por una línea negra; ocupa un tercio del espacio que hasta el presente creíase libre entre el segundo anillo y el cuerpo del planeta, y á través del cual pretenden los astrónomos haber visto pequeñas estrellas.

Las dimensiones del anillo múltiple de Saturno han sido determinadas por Bessel y por Struve. Segun Struve, el diámetro esterior del anillo que envuelve á los otros aparece, á distancia media del planeta, bajo un ángulo de 40″,09, correspondiente á 38,300 millas geográficas, y el diámetro interior, bajo un ángulo de 35″,29, que equivale á 33,700 millas; el diámetro esterior del segundo anillo es de 34″,47; el diámetro interior de 26,″67. El intervalo que separa el segundo anillo de la superficie del planeta seria, segun Struve, de 4″,34. La estension total de esos

dos anillos reunidos es de 3,700 millas geográficas, la distancia del anillo á la superficie de Saturno de cerca de 5,000. El vacío que separa el primer anillo del segundo y que indica el trazo negro visto por Cassini, es solo de 390 millas. El espesor de esos anillos se cree que no pase de 20 millas; su masa es, segun Bessel, $^1/_{118}$ de la de Saturno. Ofrecen algunas desigualdades de superficie y algunas eminencias, por medio de las cuales se ha determinado, de una manera aproximada, la duracion de su rotacion, absolutamente igual á la del planeta (21). Las irregularidades de su forma se manifiestan con la desaparicion del anillo, una de cuyas asas se hace por lo general invisible antes que la otra.

Un fenómeno muy notable es la posicion escéntrica de Saturno, descubierta por Schwabe en Dessau, en setiembre de 1827. El globo del planeta no es concéntrico con el anillo, pero se inclina un poco hácia el Oeste. Esta observacion ha sido comprobada en parte, por medio de medidas micrométricas, por Harding, Struve (22), Juan Herschell y South. Pequeñas diferencias en el valor de la escentricidad, á continuacion de una série de observaciones hechas á la vez por Schwabe, Harding y Vico, diferencias que parecen periódicas, tienen quizá por causa una oscilacion del centro de gravedad del anillo alrededor del punto central de Saturno. Es un hecho curioso que, desde fines del siglo XVII, un eclesiástico de Aviñon, llamado Gallet, ha tratado en vano de fijar la atencion de los astrónomos acerca de la posicion escéntrica de este planeta (23). Es difícil por la densidad de Saturno, igual apenas á los $^3/_5$ de la del agua, y que decrece tambien hácia la superficie, representarse su estado molecular y su constitucion material, ó solamente decidir si el cuerpo del planeta se halla en el estado fluido que es cuando las moléculas están menos adheridas entre sí, ó en el estado sólido, como

permiten creerlo las analogías citadas con frecuencia de la madera de pino, del corcho, de la piedra pomez, ó de un líquido solidificado, el hielo. Horner, astrónomo agregado á la espedicion de Krusenstern, opina que el anillo de Saturno es un cinturon de nubes, y pretende que las montañas del planeta están formadas por masas de vapores y nieblas vesiculares (24). La astronomía hipotética tiene aquí campo libre, pero las especulaciones de astrónomos americanos, Bond y Peirce, acerca de las condiciones de estabilidad del anillo, tienen otro alcance (25). Partiendo de la observacion y del análisis matemático es como los dos admiten á la vez la fluidez del anillo, asi como las variaciones contínuas en la forma y la divisibilidad del anillo esterior. Si este conjunto se conserva tal como es, esto depende, segun Peirce, de la posicion de los satélites: sin esta influencia conservadora el equilibrio no podria subsistir, á pesar de las desigualdades del anillo.

SATÉLITES DE SATURNO.

Los cinco satélites mas antiguos de Saturno fueron descubiertos entre los años 1655 y 1684, á saber: Titan, el 6.° en el órden de las distancias, por Huyghens; Jafet, el mas esterior de todos, Reá, Tetys y Dioné, por Cassini. A estos descubrimientos sucedió otro en 1789, debido á G. Herschell, que reveló la existencia de los dos satélites mas próximos al planeta Mimas, y Encelado; en fin, el séptimo satélite, el penúltimo en el órden de las distancias, Hiperion, fué descubierto casi simultáneamente por Bond en Cambridge, en los Estados-Unidos, y por Lassell en Liverpool, en setiembre de 1848. Hemos ya indicado (*Cosmos*, t. I, p. 84,) los volúmenes de esos satélites y sus distancias relativas al planeta principal. Uno aquí el cuadro de sus revoluciones y de sus distancias medias

espresadas en fracciones del radio equatorial de Saturno, segun las observaciones hechas por Juan Herschell en el cabo de Buena-Esperanza, desde 1835 á 1837 (26):

	SATELITES en el órden de sus distancias AL PLANETA.	ORDEN de su descubrimiento.	DURACION de su REVOLUCION.	DISTANCIA MEDIA.
1	Mimas............	6	0 d 22 h 37′ 22″,9	3,3607
2	Encelado.........	7	1 8 53 6 ,7	4,3125
3	Tetis.............	5	1 21 18 25 ,7	5,3396
4	Dioné............	4	2 17 41 8 ,9	6,8398
5	Rheá.............	3	4 12 25 10,8,	9.5528
6	Titan.............	1	15 22 41 25 ,2	22,1450
7	Hyperion........	8	22 12 ?	28,0000?
8	Jafet.............	2	79 7 53 40 ,4	64,3590

Existe una relacion singular entre las revoluciones de los cuatro primeros satélites mas próximos á Saturno. La duracion de la revolucion del tercer satélite (Tetis) es doble de la del primero (Mimas); y la duracion de la revolucion del cuarto (Dioné) es doble de la del segundo (Encelado). Esos resultados estan calculados casi á $^1/_{800}$ del período mas largo. Debo la noticia de esta aproximacion curiosa á una carta que me escribió Juan Herschell en el mes de noviembre de 1845. Las distancias respectivas de las cuatro lunas de Júpiter presentan tambien una cierta regularidad: formando con bastante exactitud la série 3, 6, 12. La distancia de la segunda á la primera, evaluada en diáme-

tros de Júpiter es de 3, 6; la de la tercera á la segunda, de 5, 7; la de la cuarta á la tercera de 11, 6. Fries y Challis fueron mas allá que Ticio, queriendo estender su ley á todos los sistemas de satélites, aun á los de Urano (27).

URANO.

La gran conquista de Guillermo Herschell, el descubrimiento de Urano, no solamente ha aumentado el número de los seis planetas principales conocidos desde miles de años, y mas que doblado el diámetro del sistema solar, sino que tambien 65 años mas tarde favoreció el descubrimiento de Neptuno por las perturbaciones misteriosas á que Urano estaba sometido. Ocupado el 13 de Marzo de 1781 en observar un pequeño grupo de estrellas situado en Géminis, Herschell reconoció la naturaleza planetaria de Urano por la pequeñez de su disco, que aumentaba bajo amplificaciones de 460 y 932 veces, mucho mas que las estrellas próximas. Familiarizado con todos los fenómenos ópticos, el gran astrónomo observó que bajo un fuerte aumento, la intensidad luminosa del nuevo astro disminuia de una manera sensible, mientras que permanecia la misma en las estrellas fijas de igual brillo, es decir, comprendidas entre la 6.ª y 7.ª magnitud.

Herschell, cuando anunció por primera vez la existencia de Urano, le presentó como un cometa (28); y solo los trabajos reunidos de Saron, de Lexell, de Laplace, y de Mechain, facilitados por otra parte en gran modo por el descubrimiento que hizo Bode en 1784, de observaciones mas antiguas debidas á Tobías Mayer (1756) y á Flamsteed (1690), fueron los que permitieron determinar con una rapidez singular la órbita elíptica y todos los elementos planetarios de Urano. La distancia media de Urano al Sol, es, segun Hansen, 19,18239, tomando por unidad la

distancia de la Tierra al Sol, ó 294,200,000 miriámetros; la inclinacion de su órbita sobre la eclíptica es de 0°46'28" su revolucion sideral se verifica en $84^{a}5^{d}19^{h}41'36''$; su diámetro aparente, á distancia media de la Tierra, es de 3",9. Su masa que habia sido evaluada, cuando empezaron á observarse los satélites, en $^{1}/_{17\,918}$, no llega, segun Lamont, mas que á $^{1}/_{24\,605}$; de donde resulta que su densidad está comprendida entre la de Júpiter y la de Saturno (29). Herschell, cuando empleaba aumentos de 800 á 2,400 veces, habia ya sospechado el aplanamiento de Urano. Segun las medidas de Mædler, este aplanamiento parece caer entre $^{1}/_{10,7}$ y $^{1}/_{9}$, (9,72). En un principio creyó ver Herschell dos anillos alrededor del planeta, pero este eminente observador, acostumbrado á someter todas sus hipótesis á un exámen rigoroso, reconoció que habia sido engañado por un efecto óptico.

SATÉLITES DE URANO.

«Urano, dice Herschell hijo, está rodeado de cuatro y quizá cinco á seis satélites.» Esos satélites presentan una singularidad de la que hasta ahora no se tenia ejemplo en el sistema solar: la de que, mientras que todos los satélites de la Tierra, de Júpiter y de Saturno, se mueven como los planetas, de Oeste á Este, y que salvo algunos planetas telescópicos, las órbitas de todos esos cuerpos estan poco inclinadas hácia la eclíptica, por el contrario, los satélites de Urano se mueven de Este á Oeste y sus órbitas, casi circulares, forman con la eclíptica un ángulo de 78° 58', es decir que son casi perpendiculares á ese plano. Para los satélites de Urano como para los de Saturno, debe distinguirse bien el órden con el cual se suceden, segun que estén colocados con arreglo á su distancia del planeta, ó segun la fecha de su descubrimiento.

Todos los satélites de Urano han sido descubiertos por Guillermo Herschell: el 2.° y el 4.° en 1787, el 1.° y el 5.° en 1790, el 6.° y el 3.° en 1794 (*b*). En los 56 años que han pasado desde el descubrimiento del último satélite de Urano, el 3.° en el órden de las distancias, se ha dudado con frecuencia y sin razon, de que tuviera este planeta en realidad seis satélites distintos. Las observaciones de los últimos veinte años han probado sucesivamente que los descubrimientos del gran observador de Slough son tan dignos de tenerse en consideracion como los otros. Se han revisado hasta hoy el 1.°, el 2.°, el 4.° y el 6.° satélite de Urano. Quizá es preciso añadir tambien el 3.° conforme á la observacion de Lassel, del 6 de noviembre de 1848. Gracias á la gran abertura de su reflector y á la abundancia de luz que obtenia de esta manera Herschell padre, dotado verdaderamente de una vista penetrante, juzgaba que un aumento de 157 veces bastaba con circunstancias atmosféricas favorables; su hijo cree necesario en general, para llegar á ver discos tan pequeños que no son apenas sino simples puntos luminosos, emplear un poder amplificador de 300 veces. El 2.° y 4.° satélite son los primeros que se revisaron, y los que fueron observados con mas frecuencia y cuidadosamente por Juan Herschell, desde 1828 á 1834, tanto en Europa como en el Cabo de Buena Esperanza; despues han sido observados por Lamont en Munich, y por Lassel en Liverpool. Lassel, desde el 14 de setiembre al 9 de noviembre de 1847 y Otto Struve desde el 8 de octubre al 10 de diciembre del mismo año, encontraron tambien el primer satélite de Urano. El sexto y último fué hallado por Lamont el 1.° de octubre de 1837. Parece que el 5.° no ha sido revisado ni el 3.° lo haya sido de una manera bastante satisfactoria (30). Esos detalles no dejan de ser im-

(*b*) Véanse las observaciones complementarias de este tomo.

portantes por su naturaleza á propósito para hacer desconfiar de las pretendidas pruebas, á que se ha convenido en llamar negativas.

NEPTUNO.

El mérito de haber planteado y resuelto felizmente un problema inverso de perturbaciones, que consiste en calcular, segun las perturbaciones de un planeta, los elementos del cuerpo perturbador desconocido, y por una inspiracion atrevida haber dado lugar á la primera observacion de Neptuno, hecha por Galle el 21 de Setiembre de 1846, ese mérito pertenece á las profundas combinaciones y al trabajo perseverante de Le Verrier (31). Es, como dice Encke, el mas brillante de los descubrimientos planetarios, es la primera vez que investigaciones puramente teóricas han permitido predecir la existencia y señalar con el dedo el lugar de un astro nuevo. Es justo decir tambien que la investigacion de ese cuerpo celeste coronado de éxito tan pronto, ha sido favorecido por la perfeccion de los mapas celestes de Bremiker, que posee la Academia de Berlin (32).

Mientras que en los planetas esteriores la distancia de Saturno al Sol (9,53) es casi doble de la de Júpiter (5,20), y la de Urano (19,18) mas del doble de la de Saturno, son precisos 10 rayos de la órbita terrestre, es decir, $^1/_3$ de la distancia de Neptuno al Sol, (30,04) para que esta distancia sea doble de la de Urano. Así el límite conocido del sistema solar es de 460 millones de miriámetros del cuerpo central; es decir, que por el descubrimiento de Neptuno el límite impuesto á nuestros conocimientos respecto de los cuerpos planetarios, ha sido retrasado en 165 millones de miriámetros, mas de 10,8 veces la distancia de la Tierra al Sol. Será, pues, siempre posible, á medida que se comprueben las perturbaciones esperimentadas por el último

de los planetas conocidos, descubrir sucesivamente otras nuevas hasta las que por su distancia escapan al poder de nuestros telescopios (33).

Segun las determinaciones mas recientes, la revolucion de Neptuno se efectúa en 60.126,7 dias, ó sea 164 años 226 dias, y su semi-eje mayor es de 30,036,28. La escentricidad de su órbita, la mas pequeña de todas despues de la de Vénus es de 0,00871946; su masa es de $^1/_{14,446}$; su diámetro aparente, que segun Encke y Galle es de 2″,70, se eleva, segun Challis, á 3″,07, lo que da una densidad de 0,230 relativamente á la de la Tierra; la densidad de Neptuno escede, por consiguiente, á la de Urano, que es solo de 0,178 (34).

Poco tiempo despues del descubrimiento de Neptuno, Lassell y Challis creyeron que este planeta estaba rodeado de un anillo. Lassell habia empleado un aumento de 567 veces; y habia tratado de determinar la inclinacion de este anillo sobre la eclíptica, inclinacion que se creia considerable; pero investigaciones posteriores han comprobado para Neptuno como para Urano, que el anillo era puramente imaginario.

No puedo en esta obra sino mencionar rápidamente los trabajos de un geómetra muy distinguido, de J.-C. Adams, del colegio de San Juan en Cambridge, trabajos anteriores indudablemente á los de Le Verrier, pero que han quedado inéditos, faltándoles la consagracion del éxito público. Los hechos históricos que se refieren á esta primera tentativa, así como el feliz descubrimiento de Le Verrier y de Galles han sido detallados con imparcialidad y segun las fuentes mas seguras, en dos publicaciones, una del astrónomo real Airy, la otra de Bernardo de Lindenau (35). Esos esfuerzos intelectuales, dirigidos casi al mismo tiempo hácia igual objeto, atestiguan una emulacion gloriosa y ofrecen tanto mayor interés, cuanto que prueban por la eleccion de los

elementos que la astronomía ha tomado, el estado brillante de la ciencia, que es la aplicacion mas elevada de las matemáticas.

SATÉLITES DE NEPTUNO.

La existencia de un anillo alrededor de un planeta no se ha presentado mas que una vez todavía. Esta rareza parece indicar que la formacion de esas especies de cinturas flotantes obedecen al concurso de condiciones determinadas y difíciles de reunir. La presencia de satélites alrededor de los planetas esteriores, de Júpiter, de Saturno, de Urano, es por el contrario un hecho general sin escepcion. Lassell, desde principios del mes de Agosto de 1847, reconoció con certeza el primer satélite de Neptuno, en su gran reflector de 20 piés de foco y 24 pulgadas de abertura (36) descubrimiento que ha sido confirmado por Otto Struve en Poulkowa, desde el 11 de Setiembre al 20 de Diciembre de 1847 (37), y por Bond, director del observatorio de Cambridge, en los Estados-Unidos, el 16 de Setiembre de 1847 (38). Segun las observaciones de Otto Struve, la revolucion del satélite se verifica en 5^{d}, 21′, 7″, la inclinacion de su órbita sobre la eclíptica es de 34°, 7′, su distancia al centro del planeta de 40,000 miriámetros, su masa de $^{1}/_{14,506}$. Tres años despues, el 14 de Agosto de 1850, Lassell descubrió un segundo satélite de Neptuno, por medio de un aumento de 628 veces (39); pero este último descubrimiento no se ha confirmado todavía, que yo sepa, por otros observadores.

III.

LOS COMETAS.

Aunque sometidos á la influencia del cuerpo central, los cometas, que Xenócrates y Theon de Alejandría llaman nubes luminosas, y que, segun las palabras de Apolonio el Mindio, fiel en esto á una antigua tradicion caldea, se elevan periódicamente en los espacios celestes describiendo una órbita inmensa y regular, forman en el sistema solar un grupo de astros completamente independiente. Los cometas, con efecto, no se distinguen únicamente de los planetas propiamente dichos, por su inmensa escentricidad, sino que presentan cambios de forma, alteraciones en los contornos que á veces se verifican en algunas horas, como aconteció en 1744 con el cometa de Klinkenberg, tan bien descrito por Heinsio, y en 1835, cuando la segunda aparicion del cometa de Halley. Antes que nuestro sistema solar se hubiera enriquecido, gracias á los descubrimientos de Encke, con cometas de corto período ó cometas interiores, es decir, envueltos en las órbitas planetarias, delirios engendrados por la idea de las relaciones que se creia que existian entre la distancia de los planetas al Sol, y su escentricidad, su volúmen y su ligereza específica habian llevado á la opinion de que mas allá de Saturno debian descubrirse planetas escéntricos de un volumen enorme,

«que formasen grados intermedios entre los planetas y los cometas; y que aun quizás el último planeta que corta la órbita de Saturno, que la precede inmediatamente, mereciese el nombre de cometa (40).» Esta idea del encadenamiento de las formas en la estructura del Universo, que recuerda la doctrina, frecuentemente mal aplicada, de la gradacion de los séres en la naturaleza orgánica, era tambien la de Manuel Kant, uno de los mas grandes entendimientos del siglo XVIII. Urano, y despues Neptuno, fueron vistos por Guillermo Herschell y por Galle, el primero 26 años, y el segundo 91 despues que el filósofo de Kœnigsberg hubiese dedicado al gran Federico su *Historia natural del Cielo;* pero esos dos planetas tienen una escentricidad menor que la de Saturno; hallándose esta representada por 0,056, la de Neptuno no es mas que de 0,008, número que difiere poco del que espresa la escentricidad de Vénus, tan próxima al Sol (0,006). Urano y Neptuno carecen, por otra parte, de las propiedades cometarias que se les suponian.

En una época reciente, despues del año 1819, á los descubrimientos de Encke han seguido sucesivamente los de cinco cometas interiores. Parecen componer un grupo particular, en el cual la mayor parte de los semi-ejes mayores se parecen á los de los pequeños planetas; así que se ha preguntado si ese grupo de cometas interiores no compondria en su orígen un solo cuerpo celeste, como imaginara Olbers respecto de los pequeños planetas; si este gran cometa no puede haberse dividido en muchos por la accion de Marte, como sucedió con el cometa interior de Biela, que en su última aparicion en 1846, se separó en dos á la vista del observador, por decirlo así. Ciertas semejanzas entre los elementos de los pequeños planetas y los de los cometas, llevaron al profesor Stephen Alexander, del colegio de New-Jersey, á investigar la posibilidad de un orígen comun

á dichos asteróides y á los cometas, ó cuando menos á algunos de entre ellos (41). Segun todas las últimas observaciones, no hay razon para apoyarse en la analogía sacada de las atmósferas nebulosas de las asteróides. Si, por otra parte, las órbitas de esos pequeños planetas están contenidas en planos diferentes, si la de Palas tambien ofrece el ejemplo de una estremada inclinacion, ninguna de ellas, sin embargo, corta como los cometas, las órbitas de los otros grandes planetas. Esta condicion esencial, cualquiera que sea la hipótesis que se adopte, sobre la direccion y la velocidad primitiva de esos cuerpos celestes, no permite apenas atribuirles un orígen comun, independientemente de la diferencia de constitucion que distingue á los cometas interiores y á los pequeños planetas, completamente faltos de nebulosidad. Tambien Laplace, en su teoría de la formacion de los planetas por anillos de materia vaporosa circulando alredor del Sol, creyó deber separar completamente los cometas de los planetas: «En la hipótesis de las zonas de vapores, dice, y de un núcleo acrecentándose por la condensacion de la atmósfera que le rodea, los cometas son agenos al sistema planetario (42).»

Al trazar el Cuadro de la Naturaleza en el primer tomo del *Cosmos* (43), hemos hecho ya notar que los cometas son los cuerpos que con la menor cantidad de masa, ocupan mayor espacio en el dominio solar, y esceden en número á todos los demás planetas. Con efecto, cl cálculo de las probabilidades, fundado en lo que hasta el dia se sabe de la estension de sus órbitas, de sus distancias afelias ó perihelias, y del tiempo durante el cual pueden esos astros permanecer invisibles, revela la existencia de muchos millares de cometas. Es preciso sin embargo esceptuar de esta comparacion los aereolitos ó asteroides meteóricos, cuya naturaleza ha permanecido hasta aquí envuelta en muchas tinieblas. Entre los cometas deben distinguirse, aquellos

cuya órbita se ha calculado, y aquellos para quienes no existen mas que observaciones imperfectas, ó únicamente indicaciones recogidas en las crónicas. Segun la reciente relacion de Galle, el número exacto de los cometas determinados, era en 1847, 178, uniendo á estos, aquellos cuya existencia ha sido indicada solamente, se eleva el total lo menos á seis ó setecientos. Cuando el cometa de 1682 volvió á aparecer en 1759, como habia anunciado Halley, se juzgó como muy singular la aparicion de tres cometas en el mismo año. Pero hoy, tal es la actividad con que es esplorada simultáneamente la bóveda celeste y sobre tan diversos puntos del globo terrestre, que en cada uno de los años 1819, 1825 y 1840, se han visto y calculado cuatro; habiánse observado ya cinco en 1826, y este número se elevó hasta ocho, en 1846.

Los últimos tiempos han sido mas ricos que el fin del siglo precedente en cometas perceptibles á simple vista; sin embargo, los que tienen la cabeza y la cola brillantes son siempre un fenómeno raro y notable. No carece tampoco de interés el investigar cuantos cometas perceptible, á simple vista se han presentado en Europa durante los últimos siglos (44). La época mas fecunda ha sido el siglo XVI, que produjo 23. El siglo XVII cuenta 12, dos de los cuales únicamente pertenecian á los cincuenta primeros años. En el siglo XVIII, no aparecieron mas que 8, mientras que en la primera mitad del XIX, se cuentan ya 9, entre los cuales, los mas bellos son los de 1807, 1811, 1819, 1835 y 1843. En los tiempos anteriores, trascurrian con frecuencia intervalos de 40 á 50 años, sin que se presentara ese espectáculo, una sola vez. Es posible por lo demás que en los años que parecen pobres en cometas, haya habido muchos grandes cometas de larga escursion, cuyo perihelio está situado mas allá de las órbitas de Júpiter y de Saturno. En cuanto á los cometas telescópicos, descúbrense por tér-

mino medio 2 ó 3 en cada año. En el de 1840, en tres meses consecutivos, Galle señaló tres nuevos cometas; Messier halló 12; desde 1764 á 1798, Pons descubrió 27, en el intervalo de 1801 á 1807. Asi parece comprobarse la comparacion de Keplero: *ut pisces in Oceano*.

La enumeracion exacta de los cometas observados en China, que Eduardo Biot ha sacado de la Coleccion de Ma-tuan-lin, no tiene menor importancia. Esta lista es anterior á la escuela Jónica de Tales, y al reinado de Alyattes de Lydia. Dividida en dos secciones comprende en la primera, la posicion de todos los cometas, desde el año 613 antes de Jesucristo hasta el año 1222 de la era cristiana, y, en la segunda, los cometas que aparecieron desde 1222 hasta 1644, periodo ocupado por la dinastía de los Ming. Repito aquí como ya he hecho observar en el primer tomo del *Cosmos* (p. 362, nota 42), que, para los cometas comprendidos entre la mitad del siglo III y fines del IV, los cálculos descansan únicamente en las noticias de los Chinos, y que el cometa de 1456, una de las apariciones del de Halley, es el primero cuyos elementos fueron determinados segun las únicas observaciones europeas. A esas observaciones, debidas á Regiomontano siguieron otras muy exactas que hizo Apiano en Ingolstad, en el mes de agosto de 1531, cuando una de las reapariciones del cometa de Halley. En el intervalo, en el mes de mayo de 1500, se coloca un cometa de gran brillo, el grande Asta, que el pueblo de Italia llamaba *Signor Astone*, y cuyo recuerdo va unido á viajes de descubrimientos en Africa y en el Brasil (45). Guiado por la semejanza de los elementos, Laugier ha encontrado de nuevo en las indicaciones chinas una séptima aparicion del cometa de Halley, que tuvo lugar en 1378 (46); asi como el tercer cometa de 1840, descubierto por Galle el 6 de marzo (47), parecia idéntico al de 1097. Los Mejicanos tenian tambien

la costumbre de referir en sus anales, los acontecimientos considerables á los cometas y á otros fenómenos celestes Cosa estraña, en el catálogo chino en que está referida al mes de diciembre, es donde he podido reconocer el cometa de 1490, cuya indicacion hé hallado en el manuscrito mejicano de Le Tellier, y cuyo dibujo he unido á mis *Monumentos de los pueblos indígenas de América* (48). Los Mejicanos habian registrado este cometa 28 años antes del primer desembarco de Cortés en las costas de Veracruz (Chalchiuhcuecan).

He tratado detalladamente en el primer tomo del *Cosmos* (pág. 88 y 96) segun la autoridad de Heinsio (1744), de Bessel, de Struve y de G. Herschell, todo lo que corresponde á la forma de los cometas, á sus variaciones de brillo, de color y de figura, á los efluvios de su cabeza que se encorvan hácia atrás para formar la cola (49). El magnífico, cometa de 1843 (50) que Bowring pudo ver, semejante á una pequeña nube blanca en Chihuahua, desde las nueve de la mañana hasta la postura del Sol, y que fue observado en pleno medio dia en Parma, por Amici, á 1° 23′ al Este del Sol (51), no es el único que se ha visto en esas circunstancias; todavía mas recientemente, el primer cometa de 1847, descubierto por Hind cerca de la Cabra, fué igualmente visible en Lóndres, cerca del Sol, en el momento mismo de su perihelio.

A fin de aclarar lo que hemos dicho antes de la observacion hecha por los astrónomos chinos, con motivo del cometa que apareció en el mes de marzo de 837, bajo la dinastía Thang, inserto aquí la traduccion de un pasaje tomado de Ma-tuan-lin, en el cual está espresada la ley que regula la direccion de la cola de los cometas: «En general, para un cometa colocado al Este del Sol, la cola, á partir del núcleo, se dirige hácia el Este; si por el contrario, el cometa aparece al Oeste del Sol, la cola se dirige hácia el

Oeste» (52). Fracastor y Apiano dicen con mas precision y exactitud: «Que una línea dirigida segun el eje de la cola, y prolongada mas allá de la cabeza va á pasar por el centro del Sol.» Las palabras de Séneca: «Las colas de los cometas huyen delante de los rayos del Sol» (*Cuestiones naturales*, lib. VII, cap. 20) son igualmente características. Entre los planetas y los cometas conocidos actualmente, los tiempos de las revoluciones siderales que dependen del semi-eje mayor, ofrecen las siguientes relaciones: para los planetas, las revoluciones mas cortas están con las mas largas en la relacion de 1 á 683; y entre los cometas, en la de 1 á 2670. Hánse comparado, para establecer este cálculo, de una parte, Mercurio que efectúa su revolucion en 87 dias $^{97}/_{100}$, con Neptuno que verifica la suya en 60 126 dias $^{7}/_{10}$, de otra, el cometa de Encke cuyo periodo es de 3 años $^{3}/_{10}$, con el de 1680, observado por Godofredo Kirch en Coburgo, por Halley y por Newton, y que no tarda menos de 8814 años en describir su elipse. He indicado ya, segun una escelente Memoria de Encke (*Cosmos*, t. I, p. 99 y 100, y t. III, página 329), la distancia entre la estrella fija mas próxima á nosotros, α del Centauro, y el afelio del cometa de 1680. He marcado la lentitud con que este cometa se mueve en la porcion límite de su órbita, recorriendo apenas 3 metros por segundo; he recordado la distancia igual apenas á 6 veces la distancia de la Luna, en la cual el cometa de Lexell se aproximó á la Tierra en 1770, y la distancia menos considerable aun en que se encontraron relativamente al Sol, el cometa de 1680 y sobre todo el de 1843. Segun los elementos del segundo cometa de 1819, cuyo enorme volúmen apareció súbitamente en Europa desprendiéndose de los rayos del Sol, se dedujo que pasó el 26 de junio delante del disco solar (53); desgraciadamente fué desapercibido. Lo mismo debió suceder con el cometa de 1823, que, además de la cola ordinaria opuesta al Sol, presentaba otra

dirigida hácia este astro. Si las colas de los dos cometas eran largas, debieron mezclar á nuestra atmósfera algunas porciones de su sustancia nebulosa, como ha tenido lugar ciertamente en mas de una vez. Háse preguntado tambien si las singulares nieblas de 1783 y de 1831, que cubrian una gran parte del continente europeo, no eran consecuencia de un accidente semejante (54).

Mientras que, de un lado, se compara la cantidad de calor recibida por los cometas de 1680 y de 1843, en su perihelio, á la temperatura focal de un espejo ardiente de 32 pulgadas (55), un astrónomo eminente, al cual me liga antigua amistad (56), Lindenau, pretende que, en razon á su escesiva ligereza específica, todos los cometas sin núcleo sólido no reciban calor alguno del Sol y se sostengan á la temperatura de los espacios circundantes (57). Si se consideran las numerosas y sorprendentes analogías de los fenómenos que presentan, segun Melloni y Forbes, las fuentes oscuras ó brillantes del calor, parece difícil, teniendo en cuenta el estado actual de nuestros conocimientos físicos y el lazo que los une entre sí, no admitir la presencia en el Sol de causas que produzcan simultáneamente, por las vibraciones del éter, es decir, por ondulaciones de longitudes diferentes, la irradiacion de la luz y la del calórico. Durante mucho tiempo se ha hablado en los escritos astronómicos de un pretendido eclipse de Luna por un cometa, en 1454. El primer traductor del bizantino Jorge Phranza, el jesuita Pontano, creyó encontrar esta indicacion en un manuscrito, en Munich. Este paso de un cometa por entre la Luna y la Tierra es tan poco verídico como el del cometa de 1770, del cual salia garante Lichtenberg. La primera publicacion completa de la Crónica de Phranza tuvo lugar en Viena en 1796; en ella se lee testualmente: Que el año 6962 del mundo, durante un eclipse de Luna, apareció y se aproximó al disco lunar, un cometa semejante

á una nube ligera, y que describia una órbita á modo de los cuerpos celestes. La fecha indicada, que corresponde al año 1450 de nuestra era, es inexacta, puesto que Phranza dice positivamente que el fenómeno es posterior á la toma de Constantinopla, que tuvo lugar el 19 de Mayo de 1453; y con efecto, hubo un eclipse de Luna el 12 de Mayo de 1454. Puede verse, respecto de esto, á Jacobs en la *Correspondencia mensual* de Zach, t. XXIII, 1811, p. 196-222.

Le Verrier ha estudiado con detenimiento las relaciones de distancia que pueden existir entre los satélites de Júpiter y el cometa de Lexell, y las perturbaciones que este notable cometa ha esperimentado por su influencia, sin obrar de nuevo en la duracion de su revolucion. Cuando Messier lo descubrió el 14 de Junio de 1770, lo tomó por una pequeña nebulosidad en el Sagitario; y ocho dias despues, el núcleo brillaba ya como una estrella de segunda magnitud. Antes que el cometa llegara al perihelio, no se veia vestigio alguno de la cola; cuando habia pasado de este punto, se le desarrollaba, y apenas si tenia un grado de longitud. Lexell reconoció que este cometa describia una órbita elíptica y efectuaba su revolucion en 5 años $^{585}/_{1000}$, lo que fué confirmado por Burckardt, en una escelente Memoria publicada en 1806. Segun Clausen, el cometa de Lexell se acercó á la Tierra el 1.° de julio de 1770, á una distancia de 363 radios terrestres, es decir, de 231,000 miriámetros, ó 6 veces la distancia de la Tierra á la Luna. La razon por que no se vió este cometa ni antes, en el mes de marzo de 1776, ni despues, en el mes de octubre de 1781, fué establecida por medio del análisis, por Laplace, en el tomo IV de la *Mecánica celeste*. Conforme á las hipótesis de Lexell, Laplace ha demostrado que ese hecho era debido á influencias perturbadoras que se ejercieron á la aproximacion del cometa, en 1767 y en 1779, á las porciones del

espacio ocupadas por el sistema de Júpiter. Le Verrier ha hallado que, segun una hipótesis acerca de la órbita del cometa de Lexell, este cometa habia debido atravesar en 1779 las órbitas de los satélites de Júpiter, y que, segun otra hipótesis, debió permanecer apartado á gran distancia de la órbita del cuarto satélite (58).

Es estremadamente difícil determinar el estado molecular de las diferentes partes de un cometa, de la cabeza ó del núcleo, que tan rara vez tienen contornos fijos, como tampoco de la cola. Esto depende de que el núcleo mismo no ocasiona refraccion alguna de los rayos luminosos, y de que, segun el importante descubrimiento de Arago (*Cosmos*, t. I, p. 94 y 364, nota 51), existe en la luz de los cometas una porcion de luz ya polarizada, es decir, de luz solar reflejada. Aunque las menores estrellas permanecen visibles sin disminucion de brillo, á través de las emanaciones brumosas que forman la cola de los cometas y casi á través del centro del núcleo ó cuando menos muy cerca del centro, como ya lo decia Séneca: (per cometem non aliter quam per nubem ulteriora cernuntur. *Quæst. Natur.*, libro VII, cap. 18), sin embargo, Arago ha demostrado en esperiencias que yo presencié, que esas envueltas nebulosas, á pesar de su rareza, son susceptibles de reflejar una luz estraña (59), de suerte que los cometas tienen solo «una diafanidad imperfecta» (60), puesto que la luz no los atraviesa sin obstáculo.» La intensidad de brillo que presentan alguna vez nebulosidades tan ligeras, como la que ofreció el cometa de 1843, ó el aspecto estelar del núcleo escita el asombro porque induce á referirlo todo á la reflexion de los rayos solares. Pero ¿no es posible que ademas de esta luz adquirida arrojen los cometas una luz propia?

De la cola de los cometas, de muchos millones de leguas de longitud, y estendida en forma de abanico las mas

de las veces, se destacan, por la emanacion ó la evaporacion, partículas que se estienden en los espacios. Allí, forman quizá ellas mismas ese medio resistente que contrae poco á poco la órbita del cometa de Encke (61); quizá tambien se mezclan á la materia cósmica que no se ha condensado en cuerpos celestes, y no ha servido para formar la luz zodiacal. Partes materiales desaparecen casi á nuestros ojos, y adivinamos apenas la parte del espacio donde se agregan de nuevo. Aunque hoy parezca muy probable que la densidad del fluido gaseoso esparcido á través de los espacios, aumenta en la proximidad del Sol, no puede, sin embargo, representarse ese fluido para esplicar el amenguamiento que el núcleo de los cometas esperimenta, segun Walz, cerca del Sol, condensado como influyendo por la compresion sobre una envuelta vesicular (62). Por lo general, los contornos de los cometas son muy indecisos, y no puede saberse positivamente donde acaba la nebulosidad que refleja la luz. Mas notable y mas instructiva es, en cuanto á la constitucion de ciertos cometas, ver, en algunas ocasiones, en la porcion anterior parabólica del astro, una precision de contornos que casi tiene igual en los grupos de nubes de nuestra atmósfera. Esto es lo que sucedió en el cometa de Halley, en el Cabo de Buena-Esperanza, hácia fines del mes de enero de 1836. Juan Herschell comparaba esta apariencia inusitada, que atestiguaba la intensidad de la atraccion mútua ejercida por las moléculas, con el aspecto de un vaso de alabastro vivamente iluminado en el interior (63).

Despues de la publicacion del primer tomo del *Cosmos*, se ha producido en el mundo de los cometas, un acontecimiento cuya posibilidad ni aun se sospechaba antes. El cometa interior y de corto período de Biela, que verifica su elipse en 6 años $^1/_2$, se ha dividido en dos cometas de la misma forma, pero de magnitud diferente, y provistos

ambos de cabeza y cola. En todo el tiempo que ha podido observárselos, apenas si se han llegado á reunir, y siempre han caminado casi paralelamente. El 19 de Diciembre de 1845, Hind habia observado ya en el cometa todavía intacto, una especie de protuberancia hácia el Norte; pero el 21, segun la observacion de Encke en Berlin, no se distinguia indicio alguno de separacion. La division, ya efectuada, fue reconocida por primera vez el 29 del mismo mes, en la América septentrional, y en Europa hácia mitad y á fines del mes de Enero de 1846. El nuevo astro, mas pequeño de los dos, precedia al mayor en la direccion Norte. La distancia del uno al otro fue en un principio de 3′; mas adelante, el 20 de febrero, era de 6′, segun el interesante dibujo de Otto de Struve (64). El brillo de cada uno de ellos era cambiante; de suerte que el segundo astro, aumentando poco á poco en intensidad, sobrepujó algun tiempo en luz al cometa principal. Las envueltas nebulosas que rodeaban cada núcleo no tenian contorno alguno determinado: la que envolvia el mayor cometa ofrecia un abultamiento poco luminoso hácia el Sud-Sud-Oeste; pero la parte del Cielo que los separaba fue vista como libre de toda nebulosidad, en Pulkowa (65). Algunos dias despues, el teniente Maury apercibió en Washington, con un instrumento dióptrico de Munich de 9 pulgadas de diámetro, rayos que el antiguo cometa enviaba al nuevo, de suerte que durante algun tiempo existió entre ambos una especie de puente. El 24 de Marzo, disminuyendo de brillo el pequeño cometa insensiblemente, no se reconocia ya apenas. El mayor fue visto todavía el 16 ó el 20 de Abril, en que á su vez desapareció. He descrito el desarrollo de ese fenómeno estraordinario con todos los detalles que he podido comprobar (66). De sentir es que el hecho mismo de la separacion y el estado que le ha precedido haya pasado desapercibido de los obserservadores. El cometa for-

mado á espensas del primero ¿ha llegado á ser invisible por consecuencia del alejamiento ó de la debilidad de la luz, ó se ha disuelto? ¿Reaparecerá acompañando al planeta principal, y el cometa de Biela ofrecerá aun, en sus vueltas sucesivas, semejantes anomalías?

El nacimiento de un nuevo cuerpo planetario por via de disyuncion da lugar á pensar si en la multitud de cometas que circulan alrededor del Sol, hay ó no muchos que hayan sido engendrados de esta manera; si ese fenómeno no se reproduce aun todos los dias; si, en fin, sea por la desigual velocidad de su revolucion, sea porque no sienten en el mismo grado la influencia de las perturbaciones, los cometas asi descompuestos están ó no arrojados sobre órbitas diferentes. Stephen Alexander, en una Memoria ya citada, ha tratado de esplicar la generacion de todos los cometas interiores por una hipótesis semejante, pero sin producir razones bastante concluyentes. Parece que tales acontecimientos se han producido en la antigüedad; por desgracia, no han sido descritos con bastantes detalles. Séneca, refiriendo, despues de un testimonio que, segun él, no le merecia mucha confianza, que el cometa al cual se atribuyó la destruccion de las ciudades de Hélice y de Bura, se dividió en dos partes, añadió irónicamente. «¿Por qué no ha visto nadie reunirse en uno solo dos cometas? (67).» Los astrónomos chinos hablan de tres cometas pareados que aparecieron en el año 896 y recorrieron su órbita en conserva (68).

En el gran número de cometas cuyos elementos han sido calculados hasta hoy, conocemos ocho cuya revolucion se efectúa en menos tiempo que la de Neptuno. Entre ellos, seis son interiores, es decir, que su afelio está del lado de acá de la órbita de este planeta; y son: los cometas de Encke (afelio 4,09), de Vico (5,02), de Brorsen (5,64), de Faye (5,93), de Biela (6,19), y de Arrest (6,44). Estos

seis cometas interiores tienen todos su afelio comprendido entre el de Higia (3,15), y un límite estremo situado mas allá del afelio de Júpiter (5,20), á una vez y 1/4 de la distancia de la Tierra al Sol. Los otros dos cometas que verifican su revolucion en menos tiempo que Neptuno, son el cometa de 74 años de Olbers, y el cometa de 76 años de Halley. Hasta 1819, época en la cual Encke reconoció primero que nadie la existencia de un cometa interior, los dos de Olbers y de Halley quedaron entre todos los cometas cuyos elementos habíanse calculado, como los de mas pronto regreso. El cometa de Olbers de 1815 y el de Halley alcanzan, en su afelio, una distancia que escede solamente en 4 radios de la órbita terrestre para el uno, y en 5 radios y 2/5 para el otro, límite á partir del cual, despues del descubrimiento de Neptuno, serian considerados como interiores. Aunque este límite sea variable, y la denominacion de cometa interior pueda recibir aplicaciones nuevas, por el descubrimiento de planetas situados mas allá de Neptuno, tiene, sin embargo, sobre la denominacion de astro de corto período, la ventaja de que depende por lo menos de algo determinado durante cada fase de nuestros conocimientos. Los períodos de los seis cometas interiores, actualmente calculados con precision, no varían, es cierto, mas que de 3 años 3/10 á 7 años 4/10; pero si el 6.° cometa de 1846, descubierto en Nápoles por Peters el 26 de Junio, cuyo semi-eje mayor es de 6,32, vuelve realmente despues de un intervalo de 16 años (69), puede preverse que poco á poco se encontrarán cometas intermedios, en cuanto á la duracion de las revoluciones, entre el de Faye y el de Olbers. En el porvenir será, pues, muy difícil determinar una línea de demarcacion entre los cometas de largo y de corto período. Insertamos aquí el cuadro en que el doctor Galle ha reunido los elementos de los seis cometas interiores.

Elementos de los 6 cometas interiores para los cuales están completos los cálculos.

NOMBRES DE LOS COMETAS.	ENCKE.	DE VICO.	BRORSEN.	D'ARREST.	BIELA.	FAYE.
Paso al Perihelio en el tiempo	1848 nov. 26	1844 set. 2	1846 feb. 25	1351 jul. 8	1846 feb. 10	1843 oct. 17
medio de París.	2^h 55^m 52^s	11^h 33^m 57^s	9^h 8^m 1^s	16^h 57^m 23^s	23^h 51^m 36^s	3^h 42^m 16^s
Longitud del perihelio.	156° 47′ 8″	342° 30′ 55″	116° 28′ 15″	320° 59′ 46″	109° 2′ 20″	49° 34′ 19″
Longitud del nudo ascendente.	334 22 12	63 49 17	102 40 58	148 27 20	245 54 39	209 29 19
Inclinacion sobre la eclíptica. .	13 8 36	2 54 50	30 55 53	13 56 12	12 34 53	11 22 31
Semi-eje mayor.	2,214814	3,102800	3,146494	3,461816	3,524522	3,811790
Distancia perihelia.	0,337032	1,186401	0,650103	1,173976	0,856448	1,692579
Distancia afelia.	4,092595	5,019198	5,642884	5,749717	6,192596	5,931001
Escentricidad.	0,847828	0,617635	0,793388	0,660881	,7570300	0,555962
Revolucion en dias.	1204	1996	2039	2353	2417	2718
Revolucion en años.	3,30	5,47	5,58	6,41	6,62	7,44
Autores de los cálculos.	Encke, *Astr. Nachr.* XXVII, p. 113.	Brünnow, Memoria coronada. Amst. 1849.	Brünnow, *Astr. Nachr.* XXIX, p. 377.	d'Arrest, *Astr. Nachr.* XXXIII, p. 125.	Plantamou *Astr. Nachr.* XXV, p. 117.	Le Verrier, *Astr. Nachr.* XXIII, p. 196.

Resulta del cálculo que precede que apenas han trascurrido 32 años entre el momento en que el cometa de Encke fue reconocido como interior, y aquel en que se descubrió el cometa igualmente interior de d'Arrest (70). Yvon Villarceau ha dado tambien en las *Noticias astronómicas* de Schumacher, los elementos elípticos del cometa de d'Arrest. Juntamente con Valz, ha presentado algunas hipótesis acerca de la identidad de este cometa con el de 1678 observado por La Hire y calculado por Douwes. Otros dos cometas el 3.º de 1819, descubierto por Pons y calculado por Encke, y el 4.º del mismo año, descubierto por Blanpain é idéntico, segun Clausen, con el primero de 1743, parece que verifican tambien su revolucion en cinco ó seis años; pero esos dos astros no pueden citarse todavía al lado de aquellos cuyos elementos, gracias á observaciones repetidas y precisas, han sido calculados con mas certeza y perfeccion.

La inclinacion de las órbitas de los cometas interiores sobre la eclíptica es por lo general pequeña, y comprendida entre 3° y 13°; la del cometa de Brorsen es la única considerable y no pasa de 31°. Todos los cometas interiores descubiertos hasta hoy tienen, como todos los planetas y los satélites de nuestro sistema solar, un movimiento directo de Oeste á Este. Juan Herschell ha llamado la atencion sobre el fenómeno muy particular de una marcha retrógrada entre los cometas débilmente inclinados sobre la eclíptica (71). Este movimiento inverso, que solo se encuentra en una clase especial de cuerpos planetarios, es de una gran importancia, por lo que puede esclarecer la opinion dominante acerca del orígen de los miembros de un sistema, sobre la fuerza y sobre la direccion del primer impulso. Esto nos hace ver que el mundo de los cometas, aunque las inmensas distancias que los separan no pueden sustraerle á la influencia del cuerpo central, tiene, sin em-

bargo, su individualidad propia, y goza de una independencia relativa. Esta consideracion ha llevado á la hipótesis de que los cometas son los mas antiguos de todos los cuerpos planetarios, y que forman, por decirlo así, el tipo original de la materia difusa que llena los escios celestes (72). Pregúntase subsidiariamente si á pesar del inmenso intervalo que separa aun á la estrella mas próxima, cuyo paralaje conocemos, y el afelio del cometa de 1680, algunos de los astros cometarios que aparecen en el firmamento no atravesarian nuestro sistema de una manera fugaz, viajando de sol en sol.

A continuacion del grupo de los cometas coloco, como íntimamente ligada al sistema solar, la luz zodiacal, y llego en último término á esos enjambres de asteroides meteóricos que caen de tiempo en tiempo sobre la superficie de nuestro globo, y de cuya existencia, como cuerpos celestes, dudan algunos astrónomos. Siguiendo el ejemplo de Chladni, d'Olbers, de Laplace, de Arago, de Juan Herschell y de Bessel, tengo positivamente á los aereolitos por cuerpos estraños á la Tierra y de orígen cósmico, asi es que bien puedo, al final de un capítulo, consagrado á los astros, espresar la confianza que abrigo de que la opinion contraria desaparecerá un dia, merced á observaciones mas precisas sobre los aereolitos, los bólidos y las estrellas errantes, cómo ha desaparecido, desde hace mucho, la opinion universal que hasta el siglo XVI atribuia á los cometas un orígen meteórico. Ya, sin embargo, eran estos astros para la corporacion de sacerdotes Caldeos de Babilonia, para una gran parte de la escuela pitagórica, y para Apolonio el Mindio, cuerpos celestes que aparecian en épocas determinadas, describiendo órbitas estraordinarias; por el contrario, la gran escuela antipitagórica de Aristóteles, y Epigenes, con quien en este punto esta conforme Séneca, no en los veian cometas sino fenómenos meteorológicos que no

llegaban ánuestra atmósfera (73). Felizmente esas fluctuaciones de los espíritus entre hipótesis opuestas que traen espacios infinitos á nuestra atmosfera terrestre deben con el tiempo llegar á la verdadera interpretacion de los fenómenos naturales.

IV.

LUZ ZODIACAL.

En dos siglos y medio, y á grandes intervalos, háse reconocido la existencia, el lugar y la configuracion de muchos mundos distintos, que se han añadido sucesivamente á la riqueza de nuestro sistema solar. Primeramente fijóse la atencion en los sistemas subordinados, análogos al sistema principal, en los cuales cuerpos celestes de menores dimensiones circulan alrededor de cuerpos mas estensos. Hánse observado en seguida los anillos escéntricos que rodean un planeta esterior, de los menos densos entre todos los planetas y el mas abundantemente provisto de satélites; háse comprobado despues la existencia de la luz zodiacal, resplandor dulce, aunque fácilmente perceptible á simple vista, que se destaca en forma de pirámide y ha sido referida á la causa material que verdaderamente la produce. Mas adelante se han separado las órbitas entrelazadas de los pequeños planetas ó asteróides, encerradas entre los límites de dos grandes planetas, y situadas fuera de la zona zodiacal. Por último, se ha estudiado el maravilloso grupo de los cometas interiores, cuyo afelio queda delante del afelio de Saturno, de Urano ó de Neptuno. En una descripcion de los espacios celestes, es necesario hacer resaltar

bien la diversidad de los mundos de que se compone el sistema solar, diversidad que, por otra parte, no escluye en modo alguno la comunidad de orígen ni la dependencia permanente de las fuerzas motrices.

Cualesquiera que sean las dudas que subsistan aun sobre la causa material de la luz zodiacal, parece, partiendo del hecho matemáticamente demostrado, á saber, que la atmósfera solar no puede esceder de los $^{9}/_{20}$ de la distancia de Mercurio al Sol, parece, vuelvo á repetir, que en el estado actual, y por desgracia muy incompleto de nuestros conocimientos, la opinion mas satisfactoria debe ser la que va autorizada con los nombres de Laplace, de Schubert, de Arago y de Biot, segun la cual la luz zodiacal irradia de un anillo nebuloso aplastado y que gira libremente en el espacio comprendido entre las órbitas de Venus y de Marte. El límite estremo de la atmósfera, respecto del Sol, como para los planetas, centros de sistemas subordinados, no puede estenderse mas allá del punto donde la atraccion del cuerpo central está en exacto equilibrio con la fuerza centrífuga. Las porciones de atmósfera que han escedido de este límite, han debido escaparse por la tangente y dado motivo, al aglomerarse. á planetas y satélites, ó si no se han condensado en globos esféricos, continúan su marcha bajo la forma de anillos vaporosos ó sólidos. Segun estas opiniones, la luz zodiacal entra en la categoría de los cuerpos planetarios y debe someterse á las leyes generales de su formacion.

Los progresos hechos en la senda de la observacion por esta parte abandonada de nuestros conocimientos astronómicos, se reducen á tan poco, que no puedo añadir apenas á lo que llevo dicho, sirviéndome de mi propia esperiencia y de la esperiencia de los demas, en el cuadro de la Naturaleza colocado al frente de esta obra. Veintidos años antes del nacimiento de Domingo Cassini, al cual pertenece la gloria de

haber descubierto el primero la luz zodiacal, segun creencia comun, el capellan de Enrique Somerset, Childrey, en su *Britannia Bacónica*, publicada en 1661, habia llamado la atencion de los astrónomos acerca de la luz zodiacal como un fenómeno no descrito todavía y del cual fué testigo durante muchos años, en el mes de Febrero y principios de Marzo. Debo tambien en justicia mencionar una carta de Rothmann á Ticho, indicada por Olbers, de donde resulta que hácia fines del siglo XVI, tenia vista Ticho la luz zodiacal, y la tomaba por la aparicion anómala de una aurora boreal en la primavera. La intensidad luminosa mucho mayor que ese fenómeno presenta en España, en las costas de Valencia como en las llanuras de Castilla la Nueva, me decidió á observarla con asiduidad antes de abandonar á Europa. El brillo de esta luz, que bien pudiera llamar iluminacion, aumentaba aun mas de una manera sorprendente, á medida que me aproximaba al Ecuador, en el continente americano ó en el mar del Sud. A través de la atmósfera siempre seca y trasparente de Cumana, en las llanuras herbóreas ó Llanos de Caracas, sobre las mesetas de Quito y en los lagos de Méjico, particularmente á alturas de ocho á doce mil piés, donde podia yo permanecer mucho mas tiempo, ví la luz zodiacal esceder en brillo muchas veces á las mas hermosas partes de la Via láctea, comprendidas entre la proa de la Nave y el Sagitario, ó para citar regiones del Cielo visibles en nuestro hemisferio, entre el Aguila y el Cisne.

Sin embargo, en general el brillo de la luz zodiacal no aumenta en mi concepto sensiblemente con la altura del lugar desde donde se observa; pero depende especialmente de los cambios á que el fenómeno mismo está sometido, y de su mayor ó menor intensidad luminosa: esto es por lo menos lo que me autorizan á creer las observaciones que he hecho en el mar del Sud, en las cuales noté un re-

flejo semejante al que produce la postura del Sol. He cuidado de decir *especialmente*, porque no niego de una manera absoluta que el estado de las altas capas de la atmósfera, su mayor ó menor diafaneidad, hayan podido tambien ejercer alguna influencia, aun cuando en las capas inferiores no acusaran mis instrumentos variacion higrométrica alguna, ó los cambios indicados pareciese como que debian producir otro efecto. En las regiones tropicales es sobre todo donde los fenómenos meteorológicos manifiestan en sus variaciones, la mayor uniformidad y regularidad que puede esperarse de los momentos luminosos de la luz zodiacal en la Naturaleza. La aparicion es allí perpétua, y comparando cuidadosamente las observaciones hechas á difentes alturas y en circunstancias locales diferentes, puede esperarse que merced al cálculo de las probabilidades se distinga lo que pertenece á la naturaleza misma de ese fenómeno luminoso, y lo que debe referise á influencias meteorológicas.

Háse repetido con frecuencia que en Europa, durante muchos años consecutivos, no se tenia vista señal alguna de luz zodiacal, ó que este fenómeno se habia limitado á una muy débil apariencia. ¿Observábase una disminucion proporcional al mismo tiempo bajo la zona equinoccial? Para entregarse con éxito á investigacion semejante, no basta considerar únicamente la configuracion de la region luminosa, ya segun medidas directas, ya arreglándose á la distancia de los fenómenos á las estrellas conocidas; sino que debe tenerse tambien en cuenta la intensidad de la luz, su uniformidad ó su intermitencia cuando palidece y se reanima á veces alternativamente, y los resultados del polaríscopo. Ya Arago, en 1836 (t. IX de las *Obras*, p. 39), ha marcado el siguiente resultado probable de las observaciones comparadas de Domingo Cassini: «Que la suposicion de las intermitencias de la diafaneidad atmosfé-

rica no seria suficiente para esplicar las variaciones señaladas por este astrónomo.»

Inmediatamente despues de las primeras observaciones hechas en Paris por Domingo Cassini y por su amigo Fatio de Duillier, los padres Nöel, de Bèze y Duhalde, franceses que viajaban por las Indias, se dirigieron hácia el mismo objeto; pero Relaciones aisladas, en las cuales se dan por satisfechos sus autores con describir el placer que les ha causado ese espectáculo nuevo, no pueden servir de fundamento á una discusion profunda de las causas que producen las variaciones de la luz zodiacal. Como lo han acreditado despues los esfuerzos del laborioso Horner, no son las escursiones rápidas, y lo que ha dado en llamarse viajes de circunnavegacion lo que puede llevar realmente á objeto semejante. (Vease la *Correspondencia mensual* de Zach, t. XV, p. 337-340.) Solo despues de una estancia de muchos años en alguna region tropical, ha sido posible llegar á resolver el problema de las variaciones que esperimenta la configuracion y la intensidad de la luz zodiacal. Para el objeto que nos ocupa en este momento, y en general para toda la Meteorología, es preciso dar treguas á nuestras esperanzas hasta el instante en que la cultura científica se haya estendido definitivamente por la zona equinoccial de la América española, por esas regiones donde entre 10,700 y 12,500 piés sobre el nivel del mar existen grandes y populosas ciudades, como Cuzco, la Paz y Potosí. Los resultados numéricos á que ha llegado Houzeau, resultados que descansan, es cierto, en un pequeño número de observaciones, son para hacer creer que el eje mayor de la luz zodiacal no coincide con el plano del ecuador solar, de igual manera que la masa vaporosa del anillo, cuyo estado molecular ignoramos, no atraviesa la órbita terrestre. (Véanse las *Noticias astronómicas* de Schumacher, número 492.)

V.

ESTRELLAS ERRANTES, BÓLIDOS Y PIEDRAS METEÓRICAS.

A partir del año de 1845 en que apareció en el primer tomo del *Cosmos* un cuadro general de los fenómenos celestes, los resultados de la observacion, en lo que concierne á la caida de los aereolitos y las lluvias periódicas de estrellas errantes, designadas en aleman bajo el nombre espresivo en demasía de Sternschnuppen, *despabiladuras de estrellas,* se aumentaron y rectificaron considerablemente. Muchos hechos se han sometido á una crítica mas detenida y severa. Para hacer mayor luz respecto de este fenómeno misterioso, háse creido deber estudiar la ley de convergencia, es decir, determinar los puntos de donde parten las estrellas errantes, en las épocas en que reaparecen con abundancia inusitada. Observaciones recientes, cuyos resultados han adquirido alto grado de verosimilitud, aumentan tambien el número de esas épocas, entre las que solo se habian señalado hasta aquí el mes de agosto y el mes de noviembre. Los laudables esfuerzos de Brandes, de Benzenberg, de Olbers y de Bessel, mas adelante los de Erman, Boguslawski, Quételet, Feldt, Saigey, Eduardo Heis y Julio Schmidt, introdujeron el uso de medidas correspondientes mas exactas, y al mismo tiempo el sentimiento mas general del rigor matemático ha prevenido el

peligro de acomodar observaciones dudosas á teoremas preconcebidos.

Los progresos en el estudio de los meteoros ígneos serán tanto mas rápidos, cuanto mejor se los preserve de toda determinacion anticipada, cuanto mas cuidadosamente se separen los hechos de las hipótesis, y cuando se sujete á prueba cada fenómeno, sin rechazar por esto como falsas ó dudosas, las cosas cuya esplicacion no se conozca todavía. Sobre todo, me parece muy importante el no confundir con las relaciones físicas las relaciones numéricas y geométricas, mas fáciles de comprobar generalmente: tales son, la altura, la velocidad, la unidad ó pluralidad de los puntos de partida bien fijados, el número medio, en un tiempo dado, meteoros aislados ó periódicos, y por último la magnitud y la forma de las apariciones, segun las estaciones ó las horas de la noche en que se produzcan. Por otra parte, con el tiempo, el estudio de esas dos clases de circunstancias ó de relaciones físicas y geométricas debe necesariamente conducir al mismo objeto; á consideraciones verdaderas acerca de la generacion y naturaleza de esos fenómenos.

Hé hecho ya ver en otra parte que no estamos en comunicacion con los espacios celestes y los cuerpos que los ocupan solo por rayos luminosos y caloríficos, y por las atracciones misteriosas que las masas lejanas ejercen en razon de su masa sobre nuestro globo, sobre nuestros mares, y sobre la Atmósfera que nos envuelve; los rayos luminosos que partiendo de las estrellas telescópicas mas pequeñas de que se compone una nebulosa reductible, vienen á herir nuestra vista, son como lo prueba matemáticamente la nocion exacta de la velocidad y de la aberracion de la materia, el testimonio mas antiguo de la existencia de la luz (74). Una impresion luminosa salida de las profundidades de la bóveda celeste, nos lleva de nuevo, por una

simple asociacion de ideas á las profundidades del pasado á muchos miles de siglos. Las mismas impresiones, producidas por las lluvias de estrellas errantes, por los bólides de donde son arrojados los aereolitos, y por los demás meteoros ígneos, son de una naturaleza muy diferente. Si es verdad que los aereolitos que caen sobre la superficie de la Tierra no empiezan á inflamarse hasta que llegan á la atmósfera terrestre, no por ello dejan de ser para nosotros las únicas ocasiones de un contacto material con cuerpos estraños á nuestro planeta. Cáusanos asombro el poder tocar, pesar, descomponer químicamente esas masas de tierra y de metales que llegan á nosotros de los espacios celestes y pertenecen á un mundo diferente del nuestro, y de encontrar minerales nativos que hacen muy verosímil la suposicion de Newton, de que las sustancias pertenecientes al mismo grupo de cuerpos celestes, es decir, al mismo sistemo planetario son en gran parte idénticas (75).

Debemos á la diligencia de los Chinos, que no han dejado pasar fenómeno alguno sin registrarlo, el conocimiento de los aereolitos mas antiguos cuya fecha haya sido determinada con precision. Sus antecedentes respecto de esto se remontan hasta el año 644 antes de nuestra era, es decir hasta el tiempo de Tirteo y de la segunda guerra de Mesenia. La inmensa masa meteórica que cayó en Tracia, cerca de Ægos-Potamos, en el sitio que habia de hacerse célebre una tarde con la victoria de Lissandro, es posterior en 176 años. Eduardo Biot ha hallado en la coleccion de Ma-tuan-lin, que contiene pasajes tomados de la seccion astronómica de los anales mas antiguos del Imperio, 16 caidas de aereolitos en el intervalo comprendido entre mediados del siglo VII antes de J. C. y el año 333 de la era cristiana, mientras que los escritores griegos y romanos no citan en el mismo espacio de tiempo sino 4 fenómenos del mismo género.

Es notable que la escuela jónica, en armonía con el sentimiento de los modernos, haya admitido ya el orígen cósmico de las piedras meteóricas. La emocion que el imponente fenómeno de Ægos-Potamos produjo en todas las poblaciones helénicas, debió ejercer sobre la direccion y desarrollo de la física jónica, una influencia decisiva, que no ha sido bastante apreciada (76). Anaxágoras de Clazomeno podia tener 32 años cuando ocurrió este acontecimiento. Su opinion es que las estrellas son fragmentos de rocas separadas de la Tierra por la fuerza del movimiento giratorio, y que el Cielo está formado enteramente de piedras. (Véase Plutarco, *Opiniones de los Filósofos*, lib. III, c. 13, y Platon, *Leyes*, lib. XII, p. 967.) Esos cuerpos pétreos, se vuelven incandescentes por el éter ambiente que es de naturaleza ígnea, y hacen irradiar la luz que les comunica este éter. Anaxágoras dice además, con relacion á Teofrasto, que debajo de la Luna, entre este cuerpo y la Tierra, se mueven otros cuerpos oscuros capaces de producir eclipses de Luna. (Véase Stobee, *Eglogas físicas*, lib. I, p. 560; Diógenes Laërcio, lib. II, cap. 12: Orígenes, *Philosophumena*, c. 8.) Diógenes de Apolonia, que sin ser discípulo de Anaximenes, pertenece probablemente á una época intermedia entre Anaxágoras y Demócrito, espresa mas claramente aun su idea acerca de la estructura del Mundo, y parece haber recibido una impresion mas viva del acontemiento natural que ocurrió en Tracia, en la Olimpiada XXVIII (77). Segun él, como he dicho en otra parte (*Cosmos*, t. I, p. 120), con las estrellas visibles se mueven tambien masas de estrellas invisibles, á las cuales no ha sido posible por consiguiente dar nombre alguno. Esas estrellas caen tambien á veces sobre la Tierra y se apagan, como aconteció con la *estrella de piedra* que cayó cerca de Ægos-Potamos (Stobee, *Eglogas físicas*, lib. I, p. 508) (78).

La opinion de algunos filósofos naturalistas acerca de

los meteoros ígneos, tales como las estrellas errantes y los aereolitos, que Plutarco espone en detalle en la Vida de Lisandro (cap. 12), es exactamente la de Diógenes de Creta. Dícese en ese pasaje «que las estrellas errantes no son partes del fuego etéreo que emanan de él ó de él se separan, apagándose inmediatamente despues de haberse inflamado, al entrar en nuestra atmósfera; sino que son mas bien cuerpos celestes que sustraidos al movimiento de rotacion general, se precipitan hácia la Tierra» (79). Desde Tales é Hipon hasta Empédocles, no se encuentra entre los filósofos de la escuela jónica la hipótesis de los cuerpos celestes oscuros, ni nada que traiga á la memoria esas ideas cosmográficas de sus antecesores (80). El efecto producido por el aereolito de Ægos-Potamos entraba por mucho en las especulaciones á que da lugar la caida de los cuerpos oscuros. Un escritor posterior, el Pseudo-Plutarco, se limita á decir (*Opiniones de los Filósofos*, lib. II, c. 13) que Tales de Mileto consideraba á todos los astros como cuerpos inflamados, aunque terrestres (γεώδη καὶ ἔμπυρα). La primera escuela jónica se proponia descubrir el orígen de las cosas, y este origen lo esplicaba por la mezcla, por cambios graduales y por la transformacion de las sustancias; creia en la generacion progresiva de los cuerqos por la condensacion y la rarefaccion. El movimiento de revolucion de la esfera celeste, que sostiene á la Tierra en el punto central, se menciona ya por Empédocles como una fuerza cósmica influyente en realidad. En los primeros tanteos que preparan las teorías físicas del éter, el aire ígneo y el fuego mismo representan la fuerza espansiva del calor; de la misma manera se refiere á esta alta region del éter, la idea del movimiento giratorio que arrastraba todo tras de sí y arrancaba violentamente las rocas del suelo de la Tierra. Por esto es por lo que Aristóteles (*Meteorológicas*, lib. I, p. 339, ed. Bekker) llama al éter «el cuerpo animado de un movimiento eter-

no» como si dijéramos el substratum inmediato del movimiento, y en apoyo de esta definicion, busca razones etimológicas (81). Por el mismo motivo tambien, Plutarco dice, en la Vida de Lisandro, que la cesacion del movimiento giratorio determina la caida de los cuerpos celestes, y en otro pasaje que alude evidentemente á las opiniones de Anaxágoras y de Diógenes de Apolonia (*De la Faz que aparece en el disco de la Luna*, p. 923), afirma que la Luna caeria á tierra como piedra lanzada por una honda, si cesase su movimiento de rotacion (82). Esta comparacion da idea de la fuerza centrípeta, manifestándose poco á poco, para contrabalancear la fuerza centrífuga, por medio de la cual esplicaba Empédocles el movimiento aparente de la esfera celeste. La fuerza centrípeta está indicada aun con mayor claridad por el mas penetrante de todos los comentaristas de Aristóteles, por Simplicio (p. 491, ed. Brandis). Simplicio esplica el equilibrio de los cuerpos celestes por la razon de que la fuerza del movimiento giratorio es en ellos superior á la fuerza que los solicita á caer. Tales son los primeros presentimientos que se tuvieron respecto de las fuerzas centrales. Un discípulo de Ammonio Hermeas, el Alejandrino Juan Filopon, que vivia probablemente en en el siglo VI, va mas allá; como si reconociese la inercia de la materia, esplica por la revolucion de los planetas una impulsion primitiva que une ingeniosamente á la idea de la caida de los cuerpos, á la tendencia que atrae hácia la Tierra á todos los cuerpos pesados ó ligeros (*de la Creacion del Mundo*, lib. I, c. 12). He tratado de presentar como un gran fenómeno natural, la caida de un aereolito en Ægos-Potamos, y la esplicacion puramente cósmica por medio de la cual se trató desde un principio de darlo á conocer, desarrolló poco á poco en la antigüedad griega los gérmenes que, fecundados por el trabajo de los siglos siguientes, y reunidos entre sí por un lazo matemático, condujeron á

las leyes del movimiento circular, que descubrió formuló y Huyghens.

Al ocuparnos de las relaciones geométricas que regulan la caida de las estrellas errantes, entiéndase las estrellas errantes periódicas, y no las que caen rara vez y aisladamente, conviene sobre todo examinar los resultados de las observaciones recientes acerca de la iradiacion ó los puntos de partida de los meteoros, y de su velocidad esencialmente planetaria. Este doble carácter, la iradiacion y la velocidad, acreditan, con alto grado de verosimilitud, que las estrellas errantes son cuerpos luminosos independientes del movimiento de rotacion de la Tierra, que proceden de fuera y pasan de los espacios celestes á nuestra atmósfera. Desde las observaciones hechas en la América del Norte, acerca del período de Noviembre, en 1833, 1834 y 1837, habíase señalado como punto de partida la estrella γ de Leo. En 1839, se reconoció para el período de Agosto, que el punto de partida era Algol en Perseo, ó un punto intermedio entre Perseo y Tauro. Estos centros de iradiacion venian á ser las constelaciones hácia las que se dirigia la Tierra en la misma época (83). Saigey, que ha sometido las observaciones de 1833 á un análisis muy escrupuloso indica que la irradiacion fija que parte de la constelacion de Leo, no ha sido comprobada en realidad mas que á media noche, en las tres ó cuatro horas que preceden á la aurora, y que de diez y ocho observadores colocados entre la ciudad de Méjico y el lago de los Hurones, diez solamente han reconocido el punto de partida general indicado por Dioniso Olmsted, profesor de matemáticas de New-Haven, en el Estado de Massachussetts (84).

El escelente escrito publicado por Eduardo Heis, resúmen muy sucinto de observaciones bastante exactas, realizadas durante diez años en Aquisgran, sobre las estrellas errantes periódicas, contiene respecto de la irradiacion, re-

sultados tanto mas preciosos, cuanto que el observador los ha discutido con un rigor matemático. Segun él, el período de Noviembre se distingue en que las trayectorias están mucho mas separadas que en el periodo de Agosto (85). En cada uno de esos dos períodos, el observador ha fijado simultáneamente muchos puntos de partida que no se hallaban situados en la misma constelacion, como se ha estado muy cerca de creer desde 1833. Durante el período de Agosto de los años 1839, 1841, 1842, 1843, 1844, 1847 y 1848, Heis, además del centro principal de Algol, en la constelacion de Perseo, ha encontrado otros dos en el Dragon y en el polo Norte (86). «A fin, dice, de obtener resultados exactos acerca de los puntos de donde irradian las trayectorias de las estrellas errantes, durante el período de Noviembre, para los años 1839, 1841, 1846 y 1847, he trazado sobre un globo celeste de 30 pulgadas las trayectorias medias pertenecientes á cada uno de los cuatro puntos, Perseo, Leo, Casiopea y la cabeza del Dragon, y he señalado cada vez la situacion del punto de donde partian el mayor número de trayectorias. De este exámen resulta, que de 407 estrellas errantes, 171 provienen de un punto de Perseo, próximo á la estrella η, en la cabeza de Medusa, que 83 partieron de Leo, 35 de la parte de Casiopea, cercana á la estrella variable α, 40 de la cabeza del Dragon y 78 de puntos indeterminados. Así, el número de las estrellas errantes que irradian de Perseo, era mas del doble del número de las que tenian su punto de convergencia en la constelacion de Leo (87).»

Resulta de aqui, que en los dos períodos, la constelacion de Perseo ha representado gran papel. Un sagaz observador que consagró ocho ó diez años al estudio de los fenómenos meteorológicos, Julio Schmitd, agregado al observatorio de Bonn, se espresa en este asunto con gran claridad, en una carta que me dirigió el mes de Julio

de 1851: «Si se prescinde de los grandes flujos de las estrellas errantes que se produjeron en el mes de Noviembre de los años 1833 y 1834, así como algunas otras del mismo género, en los cuales la constelacion de Leo enviaba verdaderos enjambres de metéoros, estoy dispuesto á considerar hoy el punto de convergencia colocado en Perseo como el que suministra, no solamente en el mes de Agosto, sino durante todo el año, el mayor número de metéoros. Tomando por base de nuestros cálculos los resultados de las 478 observaciones de Heis, hallo que este punto está situado á los 50°,3 de ascension recta y 51°5, de declinacion. Esto se aplica á los años 1844-1846. En el mes de Noviembre de 1849, desde el 7 al 14, he visto 200 estrellas errantes próximamente mas que las que en igual época habia observado desde 1841. Entre esas estrellas, algunas solamente procedian de Leo; el mayor número, en mucho, pertenecia á la constelacion de Perseo. Resulta de aquí, en mi sentir, que el brillante fenómeno que se produjo en el mes de Noviembre de los años 1799 y 1811 no ha vuelto á aparecer despues. Olbers sospechaba tambien que esas grandes apariciones no debian reproducirse hasta despues de un período de 34 años. (*Cosmos* t. I, p. 113). Si se quieren considerar las apariciones periódicas de esos metéoros y las complicaciones de sus trayectorias, puede decirse que ciertos puntos de irradiacion son siempre los mismos, pero que existen tambien otros variables y esporádicos.»

En cuanto á saber si los diferentes puntos de partida cambian con los años, lo que, admitiendo la hipotesis de los *anillos cerrados*, supondria una variacion de los anillos en que se mueven los metéoros, cuestion es esta que las observaciones hechas hasta el dia no permiten resolver aun con certeza. Una hermosa série de observaciones hechas por Houzeau, desde 1839 hasta 1842, parece refutar la hipotesis de un cambio progresivo (88). Eduardo Heis observa con

gran exactitud, que ya en la antigüedad griega y latina, habíase llamado la atencion sobre la direccion uniforme que parecian tomar en un tiempo dado las estrellas errantes que tachonaban la bóveda celeste (89). Teníase entonces á esta direccion como resultado de un viento que empezaba á soplar en las altas regiones del aire, y los navegantes veian en ella el anuncio de una corriente que desde esas regiones iba á descender prontamente á las capas inferiores.

Así las estrellas errantes periódicas se distinguen ya de las estrellas esporádicas ó aisladas por el paralelismo habitual de sus trayectorias, que parecen irradiar de un mismo centro ó de muchos centros determinados. Pero todavía existe otro criterio; y es, el del número de metéoros que en uno y otro fenomeno brillan durante el mismo espacio de tiempo. La distincion de las caidas de las estrellas errantes ordinarias ó estraordinarias es un problema cuya solucion ha sido muy debatida. Dos escelentes observadores, Olbers y Quételet, han buscado el número medio de los metéoros que en los dias ordinarios pueden ser vistos en una hora en el círculo ocupado por una persona: Olbers cuenta 5 ó 6; Quételet eleva este número á 8 (90). No puede esclarecerse nada en una cuestion tan importante para el conocimiento de las leyes que regulan el movimiento y la direccion de las estrellas errantes, sin dar lugar á la discusion de multitud de consideraciones. Me he dirigido confiadamente á un observador cuyo nombre ya he citado, Julio Schmidt, de Bonn, que muy acostumbrado á la exactitud astronómica, ha abrazado además con todo el ardor que le es propio, el conjunto de los fenómenos meteóricos, cuya formacion y la caida de los aereolitos no es sino una fase particular, la mas rara de todas, aunque no la mas importante. Doy á continuacion reunidos los principales resultados de las comunicaciones que debo á su atencion (91).

«Despues de gran número de observaciones repetidas durante un espacio de tiempo que varía entre 3 y 8 años, el término medio de las estrellas errantes esporádicas es de 4 á 5 por hora. Tal es el estado habitual, independientemente de los fenómenos periódicos. Los términos medios están distribuidos del modo siguiente para cada mes en particular:

Enero, 3,4; Febrero (?); Marzo, 4,9; Abril, 2,4; Mayo, 3,9; Junio, 5,3; Julio, 4,5; Agosto, 5,3; Setiembre, 4,7; Octubre, 4,5; Noviembre, 5,3; Diciembre, 4,0.

«En cuanto á las estrellas errantes periódicas, el término medio es por lo menos de 13 á 15 por hora. Para el período de Agosto ó la lluvia de San Lorenzo, remontándose un poco mas arriba, y yendo de las estrellas esporádicas á las periódicas, he hallado, merced á las observaciones llevadas á efecto, como ya he dicho, en un intervalo de 3 á 8 años, que los números medios crecian progresivamente de la manera que sigue:

Indicacion de los dias.	Número de los meteoros por hora.	Número de los años de observacion.
6 de Agosto.	6	1
7 —	11	3
8 —	15	4
9 —	29	8
10 —	31	6
11 —	19	5
12 —	7	3

«El año 1851, considerado aisladamente, ha dado los resultados siguientes, á pesar de la luz de la Luna.

7 de Agosto.	3 meteoros.
8 —	8 —
9 —	16 —
10 —	18 —
11 —	3 —
12 —	1 —

«Segun Eduardo Heis, en el espacio de una hora se observaron el 10 de Agosto :

En 1839................	160	meteoros.
En 1841................	44	—
En 1848................	50	—

«En el flujo meteórico del mes de Agosto de 1842, cayeron en diez minutos, en el momento del máximum, 34 estrellas errantes. Todos estos números se aplican á los metéoros perceptibles en el campo visual de un solo observador. Desde el año 1838, los fenómenos de Noviembre han sido menos brillantes. Si embargo, el 12 de Noviembre de 1839, Heis veia aun de 22 á 35 metéoros por hora, y el 13 de Noviembre de 1846, el término medio estaba comprendido entre 27 y 33. Así, la abundancia de los flujos periódicos varía, segun los años; pero siempre el número de los metéoros es mucho mas considerable en épocas determinadas que durante las noches ordinarias, en las que solo pueden verse por hora 4 ó 5 estrellas errantes. A partir del 14 de Enero, en el mes de Febrero y en el de Marzo, es cuando son mas raros los metéoros (92).

»Aunque los períodos de Agosto y de Noviembre sean con justa razon los mas célebres, hánse reconocido otros muchos, en estos últimos tiempos, desde que se han observado con mas exactitud el número y la direccion de los metéoros :

Enero.......—Desde el 1 al 3. Quedan algunas dudas respecto del resultado de esta observacion.

Abril........—El 18 ó el 20? Arago habia ya sospechado este período. Hubo ademas grandes lluvias de aereolitos el 25 de Abril de 1095, el 22 de Abril de 1800 y el 20 de Abril de 1803. Véase el *Cosmos*, t. I, p. 375, nota 74 y la *Astronomia popular* de Arago, t. IV, p. 289.

Mayo........—El 26?

Julio........—Desde el 26 hasta el 30, segun las observaciones de Quete-

let. El máximum propiamente dicho tuvo lugar del 27 al 29. El malogrado Eduardo Biot encontró entre las observaciones chinas mas antiguas un máximum general, comprendido entre el 18 y el 27 de Julio.

Agosto.....—Antes de la aparicion de San Lorenzo, particularmente del 2 al 5. No se observa ordinariamente del 26 de Julio al 10 de Agosto crecimiento regular alguno. *La lluvia de San Lorenzo.* Esta aparicion fué indicada por primera vez por Musschenbroek, y luego por Brandes. *(Cosmos* t. 1, p. 111 y 374.) El máximum observado despues de muchos años, caia decididamente el 10 de Agosto. Segun una antigua tradicion estendida en Tesalia, en las comarcas montañosas que rodean el Pelion, el Cielo se entreabre en la noche del 6 de Agosto, fiesta de la Transfiguracion, y aparecen antorchas á través de la abertura. (Véase Herrick, en *l'American Journal* de Silliman, t. XXXVII, 1839, p. 337, y Quételet, en las *Nuevas Memorias de la Academia de Bruselas*, t. XV, p. 9.)

Octubre.....—El 19 y dias próximos al 25. Esta aparicion ha sido descrita por Quételet, por Boguslawski, en la coleccion titulada: *Arbeiten der Schles. Gesellschaft für Vaterländ. Cultur*, 1843, p. 178, y por Heis, en el escrito antes citado, p. 33, Heis ha reunido las observaciones del 21 de Octubre de 1766, del 18 de Octubre de 1838, del 17 de Octubre de 1841, del 24 de Octubre de 1845, de 11 y 12 de Octubre de 1847 y de 20 y 26 de Octubre de 1848. Véanse acerca de estas tres apariciones que se produjeron en el mes de Octubre en los años 902, 1202 y 1396, el primer tomo del *Cosmos*, p. 114 y 370, nota 66. Las numerosas esperiencias hechas de 1838 á 1848 han quitado mucha importancia á la conjetura de Boguslawski, segun la que los enjambres de meteoros observados en China desde el 18 de Julio al 27, y la lluvia de estrellas errantes del 21 de Octubre de 1366 (estilo antiguo) no serian mas que los fenómenos periódicos de Agosto y de Noviembre, anticipados en muchos dias por efecto de la precesion (93).

Noviembre.—Del 12 al 14. El fenómeno se produjo tambien, aunque muy rara vez, el 8 ó el 10. El recuerdo de la mayor lluvia de estrellas errantes que Bonpland y yo observamos en Cumana, en la noche del 11 al 12 de Noviembre de 1799, hecho mas vivo cuando la aparicion análoga que tuvo lugar en 1833, en la noche del 12 al 13, fué una de las razones que facilitaron la admision de la re-

producción periódica de esos fenómenos en ciertos dias determinados (94).

Diciembre..—Del 9 al 12. Sin embargo, en 1798 se manifestó el fenómeno, segun Brandes, en la noche del 6 al 7. En 1838, Herrick lo vió tambien en New-Haven, en la noche del 7 al 8. Heis lo observó en 1847, el 8 y el 10.

«Esas lluvias periódicas de meteoros, entre las cuales son las mas ciertas las cinco últimas, merecen fijar la atencion de los observadores. No solamente varían entre sí las lluvias de los diferentes meses; la riqueza y el brillo de los fenómenos cambia tambien segun los años.

»El límite superior de las estrellas errantes no puede fijarse con certeza, y Olbers tenia ya por muy dudosas todas las determinaciones de altura que escedian de 22 miriámetros. El límite inferior, que se evaluaba antes en 3 miriámetros (91,060 piés), debe haberse reducido mucho. (*Cosmos*, t. I, p. 108.) Sábese seguramente, por medidas tomadas con cuidado, que caen estrellas errantes hasta en los vértices del Chimborazo y del Aconcagua, á 8,000 metros sobre la superficie del mar. Por otra parte, Heis observa que una estrella errante, vista simultáneamente en Berlin y en Breslau, en la noche del 10 de Julio de 1837, estaba segun medidas exactas, á 46 miriámetros de altura, cuando se inflamó, y á 31 cuando se apagó. Durante la noche se estinguieron otras á una altura de 10 miriámetros. Resulta de un trabajo hecho anteriormente por Brandes, en 1823, que de 100 estrellas errantes medidas con cuidado en dos estaciones diferentes, 4 solo estaban á 1 ó 2 miriámetros de altura; 15 comprendidas entre 2 y 4; 22 entre 4 y 7; 35, cerca de un tercio por consiguiente, entre 7 y 11; 13 entre 11 y 15; 11 únicamente, es decir, próximamente una décima parte, lo estaban á menos de 15 miriámetros; pero tambien la altura de esos 11 meteoros variaba de 33 á 44 miriámetros. Resulta de 4,000 observaciones reunidas en

el espacio de nueve años, para determinar el color de las estrellas errantes, que de este número, los $^2/_3$ eran blancas, $^1/_7$ amarillas, $^1/_{17}$ de un amarillo rojo, y $^1/_{37}$ solamente eran verdes.»

Olbers hace notar que durante el flujo de los meteoros que señaló la noche del 12 al 13 de Noviembre de 1838, apareció en Brema una hermosa aurora boreal, que tiñó de color purpurino una gran estension del Cielo. Nada alteró, sin embargo, el color blanco de las estrellas errantes que tachonaban dicha region, de donde se ha deducido que los rayos de la aurora boreal estaban mucho mas separados de la superficie de la Tierra que las estrellas errantes en el momento en que al caer se hacian invisibles. (Véanse las *Noticias astronómicas* de Schumacher, núm. 372, p. 178.) Segun las observaciones hechas hasta el dia, la velocidad de las estrellas errantes es de 3,3 á 7 miriámetros por segundo, siendo la velocidad de traslacion de la Tierra únicamente de 3 miriámetros (*Cosmos*, t. I, p. 109 y 371, nota 68). Las observaciones correspondientes hechas en 1849 por Julio Schmidt en Bonn, y por Heis en Aquisgran, no dan en realidad mas que 26 kilómetros, como mínimum de la velocidad de una estrella errante que, colocada verticalmente sobre Saint-Goar, á una altura de 9 miriámetros, se dirigia hácia el Lachersee. Segun otras comparaciones hechas por los mismos observadores y por Houzeau en Mons, las estrellas errantes se mueven con una velocidad comprendida entre 8,5 y 17,5 miriámetros por segundo; es decir, dos á cinco veces mayor que la velocidad planetaria del globo terrestre. Este resultado confirma de una manera brillante el orígen químico de esos fenómenos, y la fijeza de uno ó muchos puntos de divergencia: en otros términos, prueba que las estrellas errantes periódicas son independientes de la rotacion de la Tierra, y que durante muchas horas parten de una misma estrella, aun cuando esta estre-

lla no sea á la que se dirige la Tierra en aquel momento. En general, los globos inflamados parece, por lo que se les ha podido observar hasta el dia, que se mueven mas lentamente que las estrellas errantes. Si las piedras meteóricas salen de esos globos, difícil es esplicar cómo entran tan poco en el suelo de la Tierra. Pesando 276 libras la masa que cayó en Ensisheim, en Alsacia, el 7 de Noviembre de 1492, se hundió solamente 3 piés, y el aereolito de Braunau, del 14 de Julio de 1847, no penetró tampoco mas. Solo conozco dos piedras meteóricas que al caer sobre un suelo poco resistente hayan abierto la Tierra á profundidad mucho mas considerable: la una á 6, la otra á 18 piés; y son el aereolito de Castrovillari, en los Abruzzos, el 9 de Febrero de 1583, y el que fué precipitado en Hradschina, en el condado de Agram, el 26 de Mayo de 1751.

El problema de si las estrellas errantes dejan caer alguna materia, ha sido resuelto en los dos sentidos opuestos. Los techos de paja del municipio de Belmont, en el departamento del Ain, que fueron inflamados por un metéoro durante la noche del 13 de Noviembre de 1835, y por lo tanto, en la época de una aparicion periódica de estrellas errantes, se incendiaron, á lo que parece, no por la caida de una de dichas estrellas sino por la esplosion de un globo inflamado que, segun la narracion de Millet de Aubenton, arrojó aereolitos cuya existencia se ha considerado, en verdad, como problemática. Un incendio análogo, producido por un globo inflamado tambien, estalló el 22 de Marzo de 1846, á las 3 próximamente, en el municipio de San Pablo, cerca de Bagnéres-de-Luchon. Por otra parte, la piedra que cayó en Angers el 9 de Junio de 1822, se atribuyó á una hermosa estrella errante que se habia visto en Poitiers. Ese fenómeno, descrito con muy pocos detalles, merece la mayor atencion. La estrella errante produjo el efecto de una candela romana en los

fuegos artificiales; dejó un surco en línea recta, muy estrecho arriba y muy ancho abajo, cuyo resplandor brillante duró cerca de 10 ó 12 minutos. Un aerolito cayó tambien con una detonacion violenta á 28 leguas al Norte de Poitiers.

La materia toda contenida en las estrellas errantes ¿arde siempre en las capas esteriores de la atmósfera, cuyo poder reflectante prueba la luz crepuscular? Los variados colores que hieren la vista durante el fenómeno de la combustion dan á entender la variedad de la composicion química de esos metéoros. Sus formas son tambien diferentes en estremo. Las unas trazan solamente líneas fosforescentes tan separadas y en tal número, que Forster, en el invierno de 1832 vió como un ligero resplandor estendido sobre la bóveda celeste (95); otras muchas se mueven como puntos luminosos y no dejan surco alguno tras de sí. La combustion se efectúa durante el tiempo mas ó menos rápido que tardan en desaparecer las colas de las estrellas errantes, ordinariamente de muchas millas de estension; es un hecho tanto mas notable, cuanto que á veces la cola inflamada se bifurca y recorre un pequeño espacio recto delante de ella. El bólido, cuya cola vieron brillar durante una hora, el almirante Krusenstern y sus compañeros, en su viaje alrededor del mundo, recuerda la larga iluminacion de las nubes de donde se desprendió el gran aereolito de Ægos-Potamos, segun la narracion, un poco sospechosa en verdad, de Daimacho (*Cosmos*, t. I, p. 367 y 378).

Existen estrellas errantes de magnitudes diferentes; algunas tienen un diámetro igual al diámetro aparente de Júpiter ó de Vénus. En la lluvia de estrellas errantes que cayó en Tolosa el 10 de Abril de 1812, y cuando la aparicion de un globo inflamado en Utrecht, el 23 de Agosto del mismo año, viéronse esos metéoros aparecer, brillar como estrellas y alcanzar la magnitud aparente del disco lunar. Durante las grandes lluvias de estrellas, tales como las de

1799 y 1833, muchos bólidos se mezclaron incontestablemente á millares de estrellas errantes; pero esto no demuestra en manera alguna la identidad de esas dos especies de metéoros; la afinidad no es en manera alguna la identidad. Quedan por profundizar aun muchos puntos referentes á las relaciones físicas de esos fenómenos, acerca de la parte que las estrellas errantes pueden tomar en el desarrollo de las auroras boreales, como creyó reconocer el almirante Wrangel, costeando las orillas del mar Glacial (96), y, por último, respecto de los numerosos fenómenos luminosos que preceden á la formacion de algunos bólidos, y que no pueden negarse, porque hasta el dia no hayan sido descritos de una manera satisfactoria. La mayor parte de los bólidos no van acompañados de estrellas errantes, y nada hace sospechar que reaparezcan periódicamente. Lo que sabemos de los puntos determinados de donde irradian las estrellas errantes, no puede tampoco aplicarse hoy sino con gran circunspeccion á los bólidos.

Puede acontecer, aunque rara vez sucede, que caigan piedras meteóricas estando el Cielo perfectamente sereno, y con un estrépito espantoso, sin ser anunciadas por ninguna nube meteórica y sin desprendimiento de luz, como ocurrió el 16 de setiembre de 1843, en Klein-Wenden, cerca de Mulhouse; ó bien, y esto ya es mas frecuente, que sean arrojadas del centro de una nube negra que se forma repentinamente, siempre sin luz y con acompañamiento de fenómenos acústicos; ó por último, el caso mas ordinario, que es el de estar dichas piedras en comunicacion con bólidos inflamados. Esta comunicacion está comprobada por ejemplos que no pueden ponerse en duda, y de los cuales tenemos detalles muy completos. En Barbotan, en el departamento de las Landas, cayeron aereolitos el 24 de julio de 1790, de una pequeña nube blanca meteórica, al mismo tiempo que aparecia un bólido rojo (97). Así sucedió tambien con las piedras que

cayeron en Benarés, en el Indostan, el 13 de diciembre de 1798, y en el Aguila, en el departamento del Orne, el 26 de abril de 1803. Ese último fenómeno, es de todos, el que gracias á Biot se ha examinado y descrito mejor, y el que acabó con el escepticismo endémico de las Academias, 23 siglos mas tarde de la caida de la gran piedra de Ægos-Potamos, y 300 años despues de la muerte de un religioso en Crema, causada por un aereolito (98). Cuando el fenómeno de 1803, se vió en Alenzon, en Falaise y en Caen, un gron bólido que se movia del Sud-Este al Nor-Oeste, en Cielo sereno, y á la una próximamente de la tarde. Algunos momentos despues, oyóse en el Aguila durante cinco ó seis minutos cierta esplosion que partia de una pequeña nube negra casi inmóvil, que fué seguida de tres ó cuatro detonaciones, y de un ruido que hubiera podido tomarse por descargas de fusilería, acompañadas de un gran número de tambores. Cada detonacion descargaba á la nube negra de los vapores que la formaban. No se notó fenómeno alguno luminoso en aquel sitio. Muchas piedras meteóricas, de las cuales la mayor no pesaba mas de 17 libras y media cayeron á la vez sobre una superficie elíptica, cuyo eje mayor dirigido del Sud-Este al Nor-Oeste tenia 11 kilómetros de longitud. Esas piedras estaban candentes sin hallarse inflamadas, arrojaban humo, y ¡cosa singular! se rompian con mas facilidad á los pocos dias de su caida, que despues (99). He insistido á propósito sobre este fenómeno, con el fin de poder compararlo con otro del 13 de setiembre de 1768. A las cuatro y media de la tarde próximamente, se vió en la aldea de Luce, situada á 2 leguas de Chartres, hácia el Oeste, una nube oscura en la cual se oyó como un cañonazo, seguido de un silbido producido por la caida de una piedra negra que describia una línea curva. Esta piedra que penetró en tierra hasta su mitad, pesaba 7 libras y media, y quemaba de tal modo que no se

la podia tocar. Fué analizada de una manera muy incompleta por Lavoisier, por Fougeroux y por Cadet. En toda la duracion del fenómeno no se notó desprendimiento alguno de luz.

Tan pronto como se empezó la observacion de las lluvias periódicas de estrellas errantes, y á espiar su aparicion en las noches en que eran esperadas, se vió que el número de los meteoros aumentaba á medida que adelantaba la noche, y que caian en mayor abundancia entre las 2 y las 5 de la mañana. Ya cuando observamos el gran fenómeno de Cumana, en la noche del 11 al 12 de noviembre de 1799, las horas en que Bonpland vió afluir mayor número de meteoros fueron las de las 2 $^1/_2$y las 4. Un observador que ha prestado grandes servicios á esta parte de la ciencia, Coulvier-Gravier, las presentó al Instituto de Francia en 1845, una memoria importante *sobre la Variacion horaria de las Estrellas errantes*. Es difícil de adivinar qué influencia puede ejercer sobre esos fenómenos una hora mas adelantada de la noche. Si estuviera establecido que bajo los diferentes meridianos, las estrellas errantes empiezan sobre todo á ser visibles á una hora determinada, seria, necesario, sosteniendo ante todo el orígen cósmico de esos fenómenos, admitir conjetura, por otra parte poco verosímil, de que ciertas horas de la noche, ó mas bien de la mañana, son poco favorables á la inflamacion de las estrellas errantes, y que las que caen antes de ese momento son por lo general invisibles. Pero para tener el derecho de deducir conclusiones ciertas, es preciso continuar aun por espacio de mucho tiempo recogiendo observaciones.

Creo haber espuesto completamente, en el primer tomo del *Cosmos* (p. 115-118), al referir el estado de la ciencia en 1845, los caractéres principales de los diferentes bólidos que caen de lo alto de los aires, su composicion quími-

ca y su tejido granular, estudiado sobre todo por Gustavo Rose. Los trabajos sucesivos de Howard, Klaproth, Thenard, Vauquelin, Proust, Berzelius, Stromeyer, Laugier, Dufresnoy, Gustavo y Enrique Rose, Boussingault, Rammelsberg y Shepard, han suministrado ya ricos materiales, aunque probablemente hayan sido sustraidas á nuestra vista en las profundidades de la tierra, las dos terceras partes de las piedras meteóricas (100). Si es evidente que bajo todas las zonas, en la Groenlandia, en Méjico y en la América del Sud, en Europa, en la Siberia y en el Indostan, los aereolitos tienen todos cierta semejanza en los caractéres, vése mirándolos de cerca, que presentan tambien diferencias muy notables. Un gran número de piedras meteóricas contiene 0,96 de hierro; apenas si se encuentra 0,02 en los aereolitos de Sienne. Casi todos tienen una superficie delgada, negra, brillante y á veces venosa; esta costra falta completamente á la piedra de Chantonnay. La pesantez específica de ciertos aereolitos se eleva hasta 4,28; y es de 1,94 en el aereolito carbonizado y compuesto de pequeñas y desmenuzables láminas, que fué encontrado en Alais. Algunos, como el de Juvenas, están formados de un tejido semejante á la dolerita, en el cual se distingue la olivina, la augita y la anortita, separadas ya en cristales; otros, tales como la masa descubierta en Siberia por Pallas, no presentan mas que hierro mezclado con nikel, y olivina; y otros, en fin, son por lo que de los elementos que los componen puede apreciarse, combinaciones de hornblenda y de albita, como el de Château-Renard, ó de hornblenda y de labrador como los de Blansko y Chantonnay.

Si se abarcan en su conjunto los trabajos de un químico muy distinguido, el profesor Rammelsberg, que últimamente se ha entregado sin interrupcion y con tanta suerte como actividad al análisis de los aereolitos y á la investigacion de los cuerpos simples que los componen, se obtiene

este resultado: «que la distincion de las masas caidas de la atmósfera en hierros meteóricos y en piedras meteóricas no debe tomarse rigorosamente. Hállanse, aunque rara vez, hierros meteóricos con una mezcla de silicato. Tambien la masa de hierro meteórico de Pallas que pesa 1,270 libras rusas, segun la nueva esperiencia de Hess, contiene granos de olivina; y recíprocamente muchas piedras meteóricas están mezcladas de hierro metálico.»

« 1.° Todas las masas de hierro meteórico, cuya caida ha podido observarse por testigos oculares, como en Hradschina, en el Condado de Agram, el 26 de mayo de 1751, y en Braunau, el 14 de julio de 1847, y las en mayor número que yacen desde hace mucho en la superficie de la Tierra, poseen en general, próximamente las mismas propiedades físicas y químicas. Casi todas ellas contienen laminillas mas ó menos fuertes de sulfuro de hierro, que sin embargo no parece ser la pirita de hierro ó la pirita magnética, sino el protosulfuro de hierro (1). La masa principal no es tampoco de hierro metálico puro; sino que está mezclada con $^1/_{10}$ de nikel, por término medio, poco mas ó menos, y este metal se vuelve á encontrar en aquella de una manera tan constante que es escelente criterio para reconocer el orígen meteórico de la masa entera. Esta es por otra parte una sencilla mezcla de dos metales isomórficos; y no hay aquí combinacion en proporciones determinadas. Hállase tambien en menor cantidad, el cobalto, el manganeso, el magnesium, el estaño, el cobre y el carbono. Esta última sustancia está mezclada en parte á la masa por una accion mecánica, como del grafito de difícil combustion, combinada químicamente con el hierro en parte, en condiciones de formar un conjunto análogo á una gran cantidad de hierro en barras. Asi, toda masa de hierro meteórico contiene una combinacion particular de fósforo, de cobre y de nikel, combinacion que cuando se disuelve el hierro por la

accion del ácido hidroclórico, subsiste bajo la forma de cristales formados de agujas y de láminas microscópicas, blancas como la plata.

«2.° Acostúmbrase á dividir las piedras meteóricas propiamente dichas en dos clases, segun su aspecto esterior. Las unas contienen en su masa, en apariencia homogénea, granos y paletas de hierro meteórico, solicitadas por el iman, y que presentan absolutamente los mismos caractéres que los aereolitos de igual sustancia. A esta clase pertenecen las piedras de Blansko, de Lissa, del Aguila, de Ensisheim, de Chantonnay, de Klein-Wenden cerca de Nordhausen, de Erxleben, de Château-Renard y de Utrecht. La segunda clase no tiene aleacion alguna metálica y se presenta mas bien bajo el aspecto de una mezcla cristalina de diferentes sustancias minerales: tales son por ejemplo, las piedras de Juvenas, de Lantalar y de Stannern.

«Despues de los primeros análisis químicos de las piedras meteóricas, hechos por Howard, Klaproth y Vauquelin, trascurrió mucho tiempo sin que se pensara en que esos cuerpos podian estar formados de la reunion de combinaciones diferentes. Limitábase todo á buscar en general, los elementos que los componian, á estraer, merced á un iman, el hierro metálico que podian contener. Cuando Mohs llamó la atencion acerca de la analogía que presentaban algunos aereolitos con ciertas piedras telúricas, Nordenskjöld trató de probar que el aereolito de Lantalar, en Finlandia, estaba compuesto de olivina, de leucita y de hierro magnético; pero á Gustavo Rose es á quien se debe la demostracion, por sus bellas observaciones, de que la piedra de Juvenas está formada de pirita magnética, de augita y de un feldéspato muy semejante al labrador. Guiado por esos resultados y aplicando como Gustavo Rose el análisis químico, Berzelius, en un trabajo mas estenso, insertado en los

Kongl. Vetenskaps Academiens Hendlingar för 1834, buscó la composicion mineral de las diferentes combinaciones que presentan los aereolitos de Blansko, de Chantonnay y de Alais. Despues, muchos sabios han seguido la senda felizmente abierta por Berzelius.

«En la primera clase de las piedras meteóricas propiamente dichas, que es tambien la mas numerosa, en la que contiene partes de hierro metálico, ese metal existe, ya en láminas diseminadas aquí y allá, ya en masas mas considerables que presentan á veces el aspecto de un esqueleto de hierro, y forman una transicion entre los aereolitos puros de toda mozcla metálica y las masas de hierro meteórico, en las cuales desaparecen los demás elementos, como sucede en la masa de Pallas. Las piedras meteóricas de la segunda clase son mas ricas en magnesia, á consecuencia de la presencia de olivina; cuando estas piedras se tratan por los ácidos, el elemento que se descompone es la olivina. Como la olivina ordinaria, la olivina meteórica es un silicato de magnesia y de protoxido de hierro. La parte que resiste á la accion de los ácidos es una mezcla de sustancias feldespáticas y augíticas cuya naturaleza no se puede determinar sino calculando los elementos que la componen y que son: el labrador, la horblenda, la augita y el oligoclase.

«La segunda clase, mucho menor en numero, ha sido tambien menos estudiada. Entre los aereolitos que la componen, los unos contienen hierro magnético, olivina y algunas sustancias feldespáticas y augíticas; los otros están formados únicamente de esos dos últimos minerales simples, y el feldespato está representado por la anortita (2). El cromato de hierro, producido por la combinacion del protóxido de hierro y del ácido crómico, está en menor cantidad en casi todas las piedras meteóricas. El ácido fosfórico y el ácido titánico, que Rammenlsberg ha descubierto en la pie-

dra tan notable de Juvenas, pueden hacer sospechar la presencia de la apatita y de la titanita.

«Los cuerpos simples cuya existencia en las piedras meteóricas se ha reconocido hasta aquí, son los siguientes: el oxígeno, el azufre, el fósforo, el carbono, la sílice, el aluminio, la magnesia, la cal, la potasa, la sosa, el hierro, el nikel, el cobalto, el cromo, el manganeso, el cobre, el estaño y el titano; suma total: 18 (3). Los elementos mas inmediatos son,—entre los metales, el hierro mezclado con nikel, una mezcla de fósforo con hierro y nikel, sulfuro de hierro y piritas magnéticas;—entre las sustancias oxidadas: el hierro magnético y el cromato de hierro;—entre los silicatos: la olivina, la anortita, el labrador y la augita.»

Faltaríame, para reunir aquí el mayor número posible de hechos importantes, debidamente comprobados por observaciones positivas, esponer las diferentes analogías que ciertas piedras meteóricas presentan, como rocas, con los antiguos conglomerados, tales como las doleritas, las dioritas y las melafiros, con los basaltos y con las lavas de orígen mas moderno. Esas analogías son tanto mas sorprendentes cuanto que hasta aquí los minerales telúricos no han ofrecido jámás esa alteracion metálica de nickel y de hierro que se encuentra constantemente en ciertos aereolitos. Pero el distinguido químico á quien pertenecen las páginas trascritas, debidas á sus afectuosas correspondencias conmigo, ha compuesto acerca de este asunto una Memoria especial, cuyos resultados estarán mejor colocados en la parte geológica del *Cosmos* (4).

CONCLUSION.

Al terminar la parte uranológica de la Descripcion física del Mundo, y dirigir la última mirada á la obra que he emprendido (no me atrevo á decir que he llevado á cabo), creo deber hacer presente que tan difícil trabajo no era posible mas que bajo las condiciones determinadas en la introduccion del tercer tomo del *Cosmos*. Tratábase con efecto, de trazar el cuadro de los espacios celestes y de los cuerpos que los ocupan, ya que estos cuerpos hayan llegado á afectar la forma de esferoides, ya que hayan permanecido en el estado de materia difusa. Esta cualidad distingue á esta obra esencialmente de los Tratados de Astronomía que poseen hoy todas las literaturas, y cuya materia es mas variada. La Astronomía, el triunfo, como ciencia, de las teorías matemáticas, está fundada sobre la sólida base de la gravitacion y en el perfeccionamiento del alto análisis; trata de los movimientos reales ó aparentes, medidos en el tiempo y en el espacio; de la posicion de los cuerpos celestes en los contínuos cambios de sus relaciones respectivas; de la movilidad de las formas, como en los cometas de cola; de las variaciones de la luz que nace y se apaga en los lejanos soles. La cantidad de materia esparcida por el Universo es constantemente la misma; pero segun los conocimientos que hoy tenemos de las leyes físicas que reinan sobre la esfera terrestre, vemos pasar la materia por combinaciones que no pueden nombrarse ni definirse, y moverse sin satisfacerse jamás, en el círculo perpétuo de sus trasformaciones. Este incesante juego de las fuerzas de la materia, reconoce por causa la heterogeneidad por lo menos aparente de sus

moléculas, que sosteniendo el movimiento en porciones del espacio imposibles de medida por su estremada pequeñez, complica al infinito todos los fenómenos terrestres.

Los problemas astronómicos son de naturaleza mas sencilla. Libre hasta ahora de esas complicaciones, la mecánica celeste, aplicada á la consideracion de que la cantidad de materia ponderable que entra en la masa de los cuerpos, y las ondulaciones de donde nacen la luz y el calor, es, en razon misma de esta sencillez que todo lo refiere al movimiento, accesible en todas sus partes al cálculo matemático. Esta ventaja da á los Tratados de Astronomía teórica un gran encanto que solo á ellos corresponde. En ellos se ven reflejados los resultados que la actividad intelectual de los últimos siglos ha producido por el método analítico: de qué manera han sido determinadas las formas de los cuerpos y sus órbitas; cómo se concilian con los movimientos de los planetas las pequeñas oscilaciones que no interrumpen nunca su equilibrio; cómo la estructura interior del sistema planetario y las perturbaciones que sufre, llegan á ser, contrarestándose mútuamente, una garantía de conservacion y de duracion.

Ni la investigacion de los métodos merced á los cuales se ha abarcado el conjunto del Mundo, ni la complicacion de los fenómenos celestes, entran en el plan de esta obra. El objeto de una Descripcion física del Mundo es contar lo que ocupa el espacio y lleva el movimiento de la vida orgánica á las dos esferas del Cielo y la Tierra; detenerse en las leyes naturales cuyo secreto ha sido descubierto, y presentarlas como hechos adquiridos, como las consecuencias inmediatas de la induccion fundada en la esperiencia. Si se queria retener una obra tal como el *Cosmos* en sus límites naturales, y no estenderla mas allá, no podia tratarse de establecer un lazo teórico entre los fenómenos. Decidido á no pasar de esos límites, he puesto todo mi

cuidado en la parte astronómica de este libro, presentando al mismo tiempo bajo su verdadero aspecto los hechos particulares, colocándolos segun el órden que conviene. Despues de haber considerado los espacios celestes, su temperatura y el medio resistente de que están llenos, he descendido de nuevo á las leyes de la vision natural y telescópica, á los límites de la visibilidad, á la medida, desgraciadamente incompleta, de la intensidad luminosa, á los muchos medios que suministra la óptica para discernir la luz directa de la luz reflejada. Vienen despues: el Cielo de las estrellas fijas; el número y distribucion probable de los Soles que brillan por sí mismos, siempre por lo menos que se ha podido determinar su posicion; las estrellas variables que reaparecen, segun períodos cuya duracion ha sido calculada exactamente; el movimiento particular á las estrellas fijas; la hipótesis de los cuerpos oscuros y su influencia sobre el movimiento de las estrellas dobles; por último, las nebulosas que no han podido ser reducidas por el telescopio á enjambres de apretadas estrellas.

Pasar de la parte sideral de la uranologia ó del cielo de las estrellas fijas á nuestro sistema solar, es solo pasar de lo general á lo particular. En la clase de las estrellas dobles, cuerpos dotados de una luz propia se mueven alrededor de un centro de gravedad comun, en nuestro sistema solar, compuesto de elementos muy heterogéneos, cuerpos oscuros gravitan alrededor de un cuerpo luminoso, ó mas bien alrededor de un centro de gravedad comun, que está ya dentro, ya fuera del cuerpo central. Los diferentes miembros de nuestro sistema son de naturaleza mas diferente de lo que pudo creerse fundadamente durante muchos siglos. El dominio solar se compone de planetas secundarios y de planetas principales, entre los cuales se distingue un grupo por sus órbitas entrelazadas, de cometas en número indeterminado, de la luz zodiacal, y muy pro-

nablemente tambien de asteroides meteóricos que reaparecen periódicamente.

Réstanos aun por enunciar testualmente, en razon de las relaciones directas que tienen con el objeto de este libro, las tres grandes leyes de los movimientos planetarios descubiertas por Klepero. Primera ley: las curvas descritas por los planetas son elipses, uno de cuyos focos está ocupado por el Sol.—Segunda ley: Cada cuerpo planetario se mueve alrededor del Sol en una órbita plana, en que el rádio vector describe áreas iguales en tiempos iguales.—Tercera ley: Los cuadrados de los tiempos empleados por los planetas en verificar su revolucion alrededor del Sol, están entre sí como los cubos de las distancias medias. La segunda ley es llamada á veces primera, porque fue la primeramente descubierta (5). Las dos primeras leyes recibirian su aplicacion, aun cuando no existiese mas que un solo planeta. La tercera y la mas importante, que se descubrió diez y nueve años despues, supone necesariamente el movimiento de dos cuerpos planetarios. El manuscrito del *Harmonice Mundi*, publicado en 1619, fue acabado en 27 de Mayo de 1618.

Si las leyes de los movimientos planetarios fueron descubiertas á principios del siglo XVII; si Newton reveló primero que nadie la fuerza de que eran consecuencia inmediata las leyes de Klepero, á los fines del siglo XVIII pertenece el honor de haber demostrado la estabilidad del sistema planetario, gracias á los nuevos recursos que suministraba para la investigacion de las verdades astronómicas, el perfeccionamiento del cálculo infinitesimal. Los principales elementos de esta estabilidad, son: la invariabilidad del eje mayor de las órbitas planetarias, demostrada por Laplace, por Lagrange y por Poisson; las lentas y periódicas variaciones que esperimenta en estrechos límites la escentricidad de dos planetas poderosos y muy apartados del

Sol, Júpiter y Saturno; la distribucion de las masas repartidas de tal manera, que la masa de Júpiter no escede en $^1/_{1048}$ de la del cuerpo central, al cual se subordinan todas las demás; por último, ese órden en virtud del cual todos los planetas conforme á su orígen y al plan primordial de la Creacion, verifican en una direccion única su doble movimiento de rotacion y de revolucion, describen órbitas cuya escentricidad poco considerable está sometida á pequeños cambios, se mueven en planos próximamente igualmente inclinados, y verifican su revolucion en tiempos que no tienen entre sí medida comun. Esos motivos de estabilidad, que son la salvaguardia de los planetas, dependen de una accion recíproca, que se efectúa en el interior de un círculo circunscrito. Si esta condicion dejase de cumplirse por la llegada de un cuerpo celeste procedente de afuera y estraño á nuestro sistema, ya determinara un choque, ya introdujera nuevas fuerzas atractivas, esta interrupcion podria ser fatal al conjunto de las cosas que existen en la actualidad, hasta que al fin, despues de un largo conflicto se restableciese un nuevo equilibrio (6). Pero la llegada posible de un cometa, describiendo á través de los espacios inmensos su órbita hiperbólica no podria, aunque la escesiva velocidad suplia á la insuficiencia de la masa, llevar la inquietud sino á una imaginacion rebelde á las consideraciones consoladoras del cálculo de las probabilidades. Las nubes viajeras de los cometas de corto período no presentan mas peligros para el porvenir de nuestro sistema solar que las grandes inclinaciones de las órbitas, descritas por los pequeños planetas comprendidos entre Marte y Júpiter. Lo que no puede fijarse como posible debe quedar fuera de una Descripcion física del Mundo: no es permitido á la ciencia el perderse en las regiones nebulosas de las fantasías cosmológicas.



NOTAS.

Hemos suprimido la cifra de las centenas en la indicacion numérica de las notas; en vez de 115, por ejemplo, hemos puesto sencillamente 15. Esta supresion no puede ocasionar confusion, toda vez que al número de llamada está unido el de la página correspondiente.

NOTAS.

(1) Pág. 4.—*Cosmos*, t. I, p. 47-49 y 122.

(2) Pág. 6.—*Cosmos*, t. I. p. 4-6; t. II, p. 10-12.

(3) Pág. 6.—*Cosmos*, t. II, p. 25-30 y 42-46.

(4) Pág. 7.—*Cosmos*, t. I, p. 343-346; y t. II, p. 107-109.

(5) Pág. 7.—M. von Olfers, *Ueberreste vorweltlicher Riesenthiere in Beziehung auf ostasiatische Sagen*, en las *Memorias de la Acad. de Berlin*, 1839, p. 51. Sobre la opinion de Empédocles respecto de la desaparicion de las antiguas formas animales, véase Hegel, *Geschichte der Philosophie*, t. II, p. 234.

(6) Pág. 7.—V. sobre el árbol del mundo (Ygdrasil) y sobre el manantial retumbante de Hvergelmir, Jacob Grimm, *deutsche Mythologie*, 1844, p. 530 y 756, y Mallet, *Monumentos de la Mitol. y de la poesía de los Celtas*, 1756, p. 110.

(7) Pág. 9.—*Cosmos*, t. I, p. 28-30 y 52-61.

(8) Pág. 10.—*Cosmos*, t. II, p. 450, núm. 100.

(9) Pág. 10.—Al establecer de una manera general en las consideraciones que sirven de introduccion al *Cosmos*, t. I, p. 30, que el último objeto de las ciencias esperimentales es descubrir las leyes de los fenómenos, tal vez hubiera debido limitarme á decir, con el fin de evitar falsas interpretaciones, que así sucede efectivamente en muchas clases de fenómenos. La claridad con que me he espresado en el segundo tomo (p. 303), sobre la relacion que puede establecerse entre el papel de

Newton y el de Képlero, pienso que prueba suficientemente que yo no confundo el descubrimiento de las leyes naturales con su interpretacion, es decir, con la esplicacion de los fenómenos, y respondia por anticipado á las objeciones que hubieran podido hacérseme. Decia á propósito de Képlero: «El rico caudal de exacta observacion suministrado por Ticho dió el medio de descubrir las leyes eternas del mundo planetario, que mas tarde esparcieron sobre el nombre de Képlero un brillo imperecedero, y que, interpretadas por Newton, y por él demostradas teóricamente y como un resultado necesario, han sido trasportadas á la luminosa esfera del pensamiento y han fundado el conocimiento racional de la Naturaleza.» Y á propósito de Newton: «Terminamos haciendo notar cómo el conocimiento de la forma de la Tierra ha salido, por via de deduccion, de razonamientos teóricos. Llegó Newton á la esplicacion del sistema del mundo, porque tuvo la fortuna de descubrir la fuerza de que las leyes de Képlero no son sino consecuencias inevitables.» Puede consultarse sobre el particular, es decir, sobre la diferencia que existe entre la investigacion de las leyes y la de las causas, las escelentes observaciones contenidas en el libro de Juan Herschell, *Address for the fifteenth Meeting of the Britan. Assoc. at Cambridge*, 1845, p. XLII, y *Edinburgh Review*, t. 87, 1848, p. 180-183.

(10) Pág. 10.—En el notable pasaje (*Metaf.*, XII, 8, p. 1074, ed. Bekker) en que Aristóteles menciona los restos de la sabiduría primitiva que ha desaparecido de la Tierra, se habla clara y libremente del culto de las fuerzas naturales y de divinidades semejantes á los hombres: «Muchos otros mitos, dice Aristóteles, se han añadido, para convencer á la multitud, para servir de apoyo á las leyes, y en atencion á otros fines no menos útiles.»

(11) Pág. 11.—Esta distincion importante de las dos direcciones seguidas por la filosofia de la naturaleza (τρόποι) está claramente indicada en las *Phisicæ Auscultationes* de Aristóteles (I, 4, p. 187, ed. Bekker). V. tambien Brandis, en el *Rheinisches Museum für Philologie*, 3.er año, p. 113.

(12) Pág. 11.—*Cosmos*, t. I, p. 119 y 378 núm. 87; t. II, p. 300 y 463, núm. 27. Un notable pasaje de Simplicio, (p. 491) opone muy claramente la fuerza centrípeda á la fuerza centrifuga. Se hace allí mencion del equilibrio de los cuerpos celestes, en tanto que la fuerza centrífuga contrabalancee la pesadez que atrae los cuerpos hácia las regiones inferiores. Hé aquí la razon por qué en el tratado de Plutarco, *de Facie in orbe Lunæ*, p. 923, se compara la Luna, suspendida encima de la Tierra, con una piedra en la honda. Sobre el sentido propio de la περιχώρησις de Ana-

xágoras, véase la coleccion de fragmentos de este filósofo, publicada por Schaubach, 1827, p. 107-109.

(13) Pág. 11.—Schaubach, *idem*, p. 151-156 y 185-189. Sobre las plantas consideradas como animadas tambien por el espíritu (νοῦς). V. Aristóteles, *de Plantis*, I, 1, p. 815, ed. Bekker.

(14) Pág. 12.—Sobre esta parte de la física matemática de Platon, véase Boeckh, *de Platonico system. cœlestium globorum*, 1810 y 1811; H. Martin, *Estudios sobre el Timéo*, t. II, p. 234-242, y Brandis, *Geschichte der Griechisch-Rœmischen Philosophie*, 2.ª parte, seccion I, 1844, p. 375.

(15) Pág. 12.—*Cosmos*, t. II, p. 344. Gruppe, *Ueber die Fragmente des Archytas*, 1840, p. 33.

(16) Pág. 13.—Aristóteles, *Polit.*, VII, 4, p. 1326; *Metafis.* XII, 7, p. 1072, y XII, 10, p. 1074, ed. Bekker. El tratado del Pseudo-Aristóteles, *de Mundo*, que Osann atribuye á Chrisipo (*Cosmos*, t. II, p. 14), contiene tambien, en el cap. 6, p. 397, un elocuente pasaje respecto del ordenador y del conservador del Mundo.

(17) Pág. 13.—Las pruebas en su apoyo están recopiladas por H. Ritter, *Historia de la filosofia*, trad. de Tissot, t. III, p. 155-160.

(18) Pág. 13.—V. Aristóteles, *de Anima*, II, 7, p. 419. En este pasaje, la analogía de la vista con el oido está esplicada con mucha claridad; pero Aristóteles ha modificado diversamente en otros, su teoría de la vision. Léese en el tratado *de Insomniis* (c. 2, p. 459, ed. Bekker): «Evidentemente la vista no es solo pasiva, sino tambien activa; no se limita á recibir la accion del aire, sino que reacciona sobre el medio en el cual se opera la vision.» Cita Aristóteles como prueba, que, en determinadas circunstancias, un espejo de metal muy puro guarda en su superficie, cuando una mujer ha fijado en él su ojo, una huella nebulosa difícil de borrar. V. Martin, *Estudios sobre el Timéo de Platon*, t. II, p. 159-163.

(19) Pág. 13.—Aristóteles, *de Partibus Animalium*, IV, 5, p. 681; I, 12. ed. Bekker.

(20) Pág. 14.—Aristóteles, *Histor. Animal.*, IX, 1, p. 588, ed. Bekker. Si, en el reino animal, faltan sobre la Tierra algunos representantes de los cuatro elementos, aquellos, por ejemplo, que corresponden al fuego mas puro, no es imposible que existan en la Luna estos grados intermedios (Biese, *die Philosophie des Aristoteles*, t. II, p. 186.) Es bastante singu-

lar que busque Aristóteles en la Luna los anillos de la cadena que nosotros recomponemos por entero con las formas desvanecidas de los animales ó de las plantas.

(21) Pág. 14.—Aristóteles, *Metafis.*, XIII, 3, p. 1090, I, 20, ed. Bekker.

(22) Pág. 14.—Particularmente el ἀντιπερίστασις de Aristóteles juega un gran papel en todos los fenómenos meteorológicos. V. los Tratados *de Generatione et Interitu*, II, 3, p. 330, los *Meteorologica*, I, 12, y III, 3, p. 372, y los *Problemata*, XIV, 3, VIII, núm. 9, p. 888, y XIV, núm. 3, p. 909, Tratados que, si no son de Aristóteles, están compuestos al menos segun los principios aristotélicos. En la antigua hipótesis de la polarizacion (κατ' ἀντιπερίστασιν), las condiciones análogas se atraen, y la condiciones opuestas se rechazan (+ y —), V. Ideler, *Meteorol. veter. Græcorum et Romanorum*, 1832, p. 10. Las condiciones opuestas no se neutralizan al combinarse, antes bien, aumentan la *tension*. El frio (ψυχρόν) predomina sobre el calor (θερμόν). Pasa al contrario de lo que sucede «en la formacion del granizo, cuando las nubes se dejan caer sobre las capas de aire mas calientes, y el calor del medio ambiente acelera el reenfriamiento de las partículas ya frias.» Aristóteles esplica por su ἀντιπερίστασις, es decir, por una especie de polarizacion del calor, lo que la física moderna esplica por la conductibilidad, la irradiacion, la condensacion y los cambios producidos en la capacidad de los cuerpos por el calor. V. las ingeniosas consideraciones de Erman, en las *Memorias de la Academia de Berlin*, 1815, p. 128.

(23) Pág. 14.—«Al movimiento de la esfera celeste deben referirse todas las modificaciones de los cuerpos y todos los fenómenos terrestres,» Aristóteles, *Meteorol.*, I, 2, p. 339, y *de Generatione et Interitu*, II, 10, p. 336, ed. Bekker.

(24) Pág. 15.—Aristóteles, *de Cœlo*, I, 9, p. 279; II, 3, p. 286, y 13, p. 292, ed. Bekker. Biese, t. I, p. 352-357.

(25) Pág. 15.—Aristóteles, *Physicæ Auscultationes*, II, 8, p. 199; *de Anima*, III, 12, p. 434; *de Animalium Generatione*, V, 1, p. 778, ed. Bekker.

(26) Pág. 15.—V. Aristóteles, *Meteorol.*, XII, 8, p. 1074, pasaje del cual existe una notable esplicacion en el comentario de Alejandro de Afrodisia. Los astros no son cuerpos inanimados, antes bien debe considerárseles como á séres que obran y viven; como la parte divina de los fenómenos, τὰ θειότερα τῶν φανερῶν (Aristóteles, *de Cœlo*, I, p. 278; II, 1,

p, 284, y 12, p. 292). En el Tratado *de Mundo*, falsamente atribuido á Aristóteles, y que respira con frecuencia un sentido religioso, en particular cuando el autor describe la omnipotencia de Dios que conserva al Mundo (c. 6, p. 400) se llama divino al alto éter. Lo que Klépero, guiado por su rica imaginacion, llama, en su *Mysterium cosmographicum* (c. 20, p. 71), espíritus motores (animæ motrices), no es otra cosa que la fuerza (virtus) cuyo principal asiento está en el Sol (anima mundi); fuerza que varia con la distancia, siguiendo las mismas leyes que la intensidad de la luz, y que retiene á los planetas en su órbita elíptica. V. Apelt, *Epochen der Geschichte der Menschheit*, t. I, p. 274.

(27) Pág. 15.—*Cosmos*, t. II, p. 239-249.

(28) Pág. 16.—V. un ingenioso y sábio análisis de los escritos del filósofo de Nola, en el libro de Cristian Bartholmèss, *Jordano Bruno*, t. II, 1847, p. 129, 149 y 201.

(29) Pág. 17.—Fué quemado en Roma á virtud de esta sentencia: ut quam clementissime et citra sanguinis effussionem puniretur. Bruno habia estado encerrado por espacio de seis años en los Plomos de Venecia, y durante otros dos en los calabozos de la inquisicion en Roma. Cuando se le anunció la sentencia de muerte, aquel hombre, á quien nada pudo doblegar, pronunció estas bellas y animosas palabras: Majori forsitan cum timore sententiam in me fertis quam ego accipiam. Despues que huyó de Italia, en 1580, se dedicó al profesorado en Génova, en Lion, en Tolosa, en París, en Oxford, en Marburg, en Wittenberg, que él llama la Atenas de Alemania, en Praga, en Helmsted, donde concluyó la educacion científica del duque Julio de Brunswick-Wolfenbüttel, y, en fin, en 1592 en Padua. (Bartholmèss, t. I, p. 167-178).

(30) Pág. 17.—Bartholmèss, t. II, p. 219, 232 y 370. Bruno reunió cuidadosamente las diversas observaciones á las cuales dió lugar el gran suceso celeste de la aparicion de una nueva estrella, en 1572, en Casiopea. En nuestros dias se ha examinado frecuentemente el lazo que une la filosofía natural de Bruno á la de dos de sus compatriotas, Bernardino Telesio y Tomás Campanella, así como á la de un cardenal platónico, Nicolás Krebs, de Cusa.

(31) Pág. 18.—«Si duo lapides in aliquo loco Mundi collocarentur propinqui invicem, extra orbem virtutis tertii cognati corporis; illi lapides ad similitudinem duorum Magneticorum corporum coirent loco intermedio, quilibet accedens ad alterum tanto intervallo, quanta est alterius moles in comparatione. Si Luna et Terra non retinerentur vi animali (!)

aut alia aliqua æquipollente, quælibet in suo circuitu, Terra adscenderet ad Lunam quinquagesima quarta parte intervalli, Luna descenderet ad Terram quinquaginta tribus circiter partibus intervalli; ibi jungerentur, posito tamen quod substantia utriusque sit unius et ejusdem densitatis.» (Klépero, ***Astronomia nova**, seu Physica cœlestis de Motibus Stellæ Martis*, **1609**, Introd. fol. 5). Respecto de las ideas que se profesaban mucho antes de la gravitacton, V. *Cosmos*, t. II, p. 463 núm. 26 y 27.

(32) Pág. 18.—«Si terra cessaret attrahere ad se aquas suas, aquæ marinæ omnes elevarentur et in corpus Lunæ influerent. Orbis virtute tractoriæ, quæ est in Luna, prorrigitur usque ad terras, et prolectat aquas quacunque in verticem oci incidit sub Zonam torridam, quippe in occursum suum quacunque in verticem loci incidit, insensibiliter in maribus inclusis, sensibiliter ibi ubi sunt latissimi alvei Oceani propinqui, aquisque spaciosa reciprocationis libertas.» (Klépero, *idem*). «Undas á Luna trahi ut ferrum a Magnete.....» (Klépero, *Harmonices Mundi* libri quinque, **1619**, l. IV, c. 7, p. **162**). Este libro que encierra tantas cosas admirables y, entre otras, el fundamento de la tercera ley de Képlero, en virtud de la cual los cuadrados de los planetas son entre sí como los cubos de las distancias medias, está desfigurado por las mas estrañas fantasías sobre la respiracion, el alimento y el calor de la Tierra, considerada como un animal vivo, sobre el alma de este animal, su memoria (memoria animæ terræ), y hasta sobre su imaginacion creadora (anim telluris imaginatio). Este gran hombre creia tan firmemente en estos sueños, que dieron motivo á una séria discusion de prioridad con Roberto Fludd, de Oxford, el autor mítico del *Macrocosmos*, que parece no haber sido estraño á la invencion del termómetro (*Harmonice Mundi*, p. 252). —En los escritos de Képlero está frecuentemente confundida la atraccion de las masas con la atraccion magnética: «Corpus Solis esse magneticum. Virtutem quæ planetas movet residere in corpore Solis» (*Stella Martis*, 3.ª parte, c. 32 y 34); da á cada planeta un eje magnético, que está siempre invariablemente dirigido hácia la misma region del Cielo (Apelt, *John, Keppler's astronom. Weltansicht*, 1849, p. 73.)

(33) Pág. 18.—*Cosmos*, t. II, p. 315 y 473, núm. 55.

(34) Pág. 18.—Baillet, *la Vida de Descartes*, 1691, 1.ª parte, p. 197, y *Obras de Descartes*, publicadas por Víctor Cousin, t. I, 1824, p. 101.

(35) Pág. 19 —Véanse las cartas de Descartes al P. Mersenne, fechas 19 Noviembre 1633 y 5 Enero 1634, en la Vida de Descartes por Baillet, 1.ª parte, p. 244-247.

(36) Pág. 19.—La traduccion latina se titula: *Mundus sive dissertatio de Lumine ut et de aliis Sensuum Objectis primariis*. V. R. Descartes, *Opuscula posthuma physica et mathematica*, Amst., 1704.

(37) Pág. 20 —Lunam aquis carere et aere: marium similitudinem in luna nullam reperio. Nam regiones planas quæ montosis multo obscuriores sunt, quasque vulgo pro maribus haberi video et oceanorum nominibus insigniri, in his ipsis, longiore telescopio inspectis, civitates exiguas inesse comperio rotundas, umbris intus cadentibus; quod maris superficiei convenire nequit: tum ipsi campi illi latiores non prorsus æquabilem superficiem preferunt, cum diligentius eos intuemur. Quodcirca maria esse non possunt, sed materia constare debent minus candicante quam quæ est partibus asperioribus, in quibus rursus quædam viridiori lumina cæteras præcellunt.» (Hugenii, *Cosmotheoros*, ed. alt. 1699, l. II, p. 114). Huyghens supone, no obstante, que tienen lugar en Júpiter numerosas tempestades, y que llueve allí en abundancia. «Ventorum flatus ex illa nubium Jovialium mutabili facie cognoscitur (l. I, p. 69).» Las fantasías de Huyghens acerca de los habitantes de los planetas lejanos, fantasías indignas de tan gran geómetra, han sido desgraciadamente reproducidas por Emmanuel Kant en una obra, por lo demas escelente: *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*, 1751, p. 173-192.

(38) Pág. 20.—Laplace, de las Oscilaciones de la Atmósfera, del Flujo solar y lunar, en la *Mécanica celeste*, l. IV, y en la *Esposicion del Sistema del Mundo*, 1824, p. 291-296.

(39) Pág. 20.—Adjicere jam licet de spiritu quodem subtilissimo corpora crassa pervadente et in iisdem latente, cujus vi et actionibus particulæ corporum ad *minimas distantias* se mutuo *attrahunt* et contiguæ factæ cohærent. (Newton, *Principia Philos. natur.*, ed. Le Seuer y Jacquier, 1760, Schol. gen., t. III, p. 676). V. tambien al mismo autor, *Opticks*, 1718, Prop. 31, p. 305 y 353, 367 y 372; Laplace, *Sistema del Mundo*, p. 384; *Cosmos*, t. I, p. 47.

(40) Pág. 21.—Hactenus phænomena cœlorum et maris nostri per vim gravitatis exposui, sed causam gravitatis nondum assignavi. Oritur utique hæc vis a causa atiqua, quæ penetrat ad usque centra solis et planetarum, sine virtutis diminutione; quæque agit non pro quantitate superficierum particularum, in quas agit (ut solent causæ mechanicæ), sed pro quantitate materiæ solidæ.—Rationem harum gravitatis proprietatum ex phænomenis nondum potui deducere et hypotheses non fingo. Satis est quod gravitas revera existat et agat secundum leges a nobis expositas. (Newton, *Principia Philos. natur.*, p. 676.—To tell us that every

species of things is endow'd with an occult specifick quality by which it acts and produces manifest effects, is to tell us nothing: but to derive two or three general principles, of motion from phænomena, and afterwardst to tell us how the properties and actións of all corporeal things follow from those manifest principles, would be a very great step in Philosophy, though the causes of those principles were not yet discovered: and therefore I scruple not to propose the principles of motion and leave their causes to be found out. (Newton, *Opticks*, p. **377**.— Antes (Prop. **31**, p. 351), ya habia dicho: Bodies act one upon another by the attraction of gravity, magnetism and electricity, and it is not improbable that there may be more attractive powers than these. How these attractions may be performerd I do not here consider. What I call attraction, may de performed by *impulse* or by home other means unknown to me. I use that word here to signify only in general any force by which bodies tend to wards o ne another, whatsoever by the cause.

(41) Pág. **21**.—«I suppose the rarer æther within bodies and the denser without them,» dice Newton (*Opera*, IV, ed. Samuel Horsley, **1782**, p. **386**). A propósito de la difraccion descubierta por Grimaldi, se lee al fin de una carta de Newton á Roberto Boyle, fechada el mes de febrero de **1678** (p. **394**); I shall set down one conjecture more which came into my mind: it is about the cause of gravity... Cartas escritas en Oldenburg, en diciembre de **1675**, prueban que en esta época no babia vuelto todavía Newton á la hipótesis del éter; creia entonces que la impulsion de la luz material hacia vibrar al éter, y que las vibraciones de este eter, bastante parecido á un fluido nervioso, no podian pór sí mismas producir la luz. V. con tal motivo los debates de Newton con Hooke, Horsley, t. IV, p. **376-380**.

(42) Pág. **21**.—Brewster, *Life of Sir Isaac Newton*, p. **303-305**.

(43) Pág. **22**.—Esta declaracion, de que no tomaba la gravitacion, *for an essential properly of bodies*, declaracion hecha por Newton en su *Second Advertissement*, no está de acuerdo con la existencia de las fuerzas atractivas y repulsivas que él atribuye á todas las moléculas, á fin de esplicar, conforme á la teoría de la emision, los fenómenos de la refraccion y de la reflexion de los rayos luminosos (Newton, *Opticks*, l. II, Prop. 8, p. **241**; Brewster, *Life of Sir Isaac Newton*, p. **301**). Segun Kant (*Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, **1800**, p. **28**), no se podria comprender la existencia de la materia sin sus fuerzas atractivas y repulsivas. Segun él, todos los fenómenos fisicos están producidos por el conflicto de estas dos fuerzas fundamentales, tal como lo habia ya dicho Goodwin Knight (*Philos. Transact.*, **1748**, p. **264**). Los sistemas

atomísticos, diametralmente opuestos á las teorías dinámicas de Kant, atribuyen la fuerza atractiva á las moléculas sólidas é indivisibles de las cuales están compuestos todos los cuerpos, y la fuerza repulsiva á las atmósferas de calórico que rodean estas moléculas. En esta hipótesis, segun la cual se considera el calórico como una materia en estado de espansion contínua, admítense dos materias, es decir, dos sustancias elementales, como en el mito de los dos éteres (Newton, *Opticks*, Prop. 28, p. 339). Pero entonces queda por saber lo que produce la espansion de la misma materia del calórico. Si se quiere, siempre dentro de las hipótesis atomísticas, comparar la densidad de las moléculas con la de los cuerpos, que ellas componen, obtiénese por resultado que los intervalos de las moléculas son mucho mayores que sus diámetros.

(44) Pág. 23.—*Cosmos*, t. I, p. 82-86.

(45) Pág. 23.—*Cosmos*, t. I, p. 38 y 39-46.

(46) Pág. 24.—Guillermo de Humboldt, *Gesammelte Werke*, t. I, p. 23.

(47) Pág. 25.—*Cosmos*, t. I, p. 63.

(48) Pág. 26.—*Cosmos*, t. I, p. 41.

(49) Pág. 26.—Halley, en las *Philos. Transact.*, for 1717, t. XXX, p. 736.

(50) Pág. 27.—Pseudo-Plutarco, *de Placitis Philosoph.*, II, 15-16; Stobee, *Eglog. fis.*, p. 582; Platon, *Timèo*, p. 40.

(51) Pág. 27.—Macrobio, *Somnium Scipionis*, I, 9-10. Ciceron, *de Natura Deorum*, III, 21, emplea la espresion de Stellæ inerrantes.

(52) Pág. 27.—El pasaje decisivo para la espresion técnica de ἐνδεδεμένα ἄστρα está en Aristóteles, *de Cœlo*, II, 8, p. 289, lín. 34, p. 290, lín. 19, ed. Bekker. Estas designaciones diferentes habian ya atraido mi atencion cuando mis investigaciones sobre la óptica de Tolomeo. El profesor Franz, de cuya erudicion filológica gusto amenudo aprovecharme, hace notar que Tolomeo dice tambien, hablando de las estrellas, (*Syntax.* VII, 1): *ὥσπερ προσπεφυκότες, como si estuviesen adheridas.* En cuanto á la espresion de σφαῖρα ἀπλανής (*orbis inerrans*), Tolomeo hace la siguiente crítica: «en tanto que las estrellas conserven invariablemente sus distancias mútuas, á buen título podemos llamarlas ἀπλανεῖς; pero si se trata de la esfera entera en la cual están fijas, la designacion de

ἀπλανής es impropia, pues que esta esfera posee un movimiento particular.»

(53) Pág. 27.—Ciceron, *de Nat. Deor.*, I, 13; Plinio, II, 6 y 24; Manilio, II, 35.

(54) Pág. 29.—*Cosmos*, t. I, p. 74. V. tambien las escelentes consideraciones de Encke, *Ueber die Anordnung des Sternsystems*, 1844, p. 7.

(55) Pág. 30.—*Cosmos*, t. I, p. 141.

(56) Pág. 30.—Aristóteles, *de Cœlo*, I, 7, p. 276, ed. Bekker.

(57) Pág. 30.—Juan Herschell, *Outlines of Astronomy*, 1849, § 803, p. 541.

(58) Pág. 31.—Bessel, en el Shumacher's *Jahrbuch* für 1839, p. 50.

(59) Pág. 31.—Ehrenberg en las *Memorias de la Academia de Berlin*, 1838, p. 59, y en las *Infusionsthieren*, p. 170.

(60) Pág. 32.—Ya Aristóteles prueba, contra Leucipo y Demócrito, que no puede existir en el mundo espacio inocupado por la materia, *vacio*, en una palabra (*Phys. Auscult*, IV, 6-10, p. 213-217, Bekker).

(61) Pág. 32.—*Akâ'sa* es, segun el diccionario sanscrito de Wilson: the subtle and ætherial fluid, supposed to fill and pervade the Universe, and to be the peculiar vehicle of life and sound. La palabra *âkâ'sa* (brillante, luminoso), tiene por raiz *kâ's*, brillar, unida a la preposicion *â*. El reino de los cinco elementos se llama *pantschatâ* ó *pantschatra*, y la muerte se halla designada por esta singular perífrasis *prâpla-pantschatra*, habiendo obtenido el reino de los cinco, es decir, que se ha disuelto en los cinco elementos. La espresion se encuentra en el testo de la *Amarakocha*, diccionario de Amarasinha.» (Bopp).—Se trata de los cinco elementos en el escelente tratado de Colebrooke sobre la filosofía *sânkhya* (*Transact. of the Asiat. Soc.*, t. I, Lónd., 1827, p. 31). Strabon habla tambien, con referencia á Megastenes (XV, § 59, p. 713, ed. Casaubon), del quinto elemento de los Indios, el cual lo ha formado todo, pero del que no dice el nombre.

(62) Pág. 32.—Empedocles, v. 216, llama al éter παμφανόων, *radioso*, es decir, luminoso por sí mismo.

(63) Pág. 33.—Platon, *Cratylo*, 410, B, en donde se encuentra la pala-

bra ἀειθεήρ. Aristóteles (*de Cœlo*, I, 3, p. 270, Bekker), dice, en contrario de la opinion de Anaxágoras: αἰθέρα προσωνόμασαν τὸν ἀνωτάτω τόπον ἀπὸ τοῦ θεῖν ἀεὶ τὸν ἀΐδιον χρόνον θέμενοι τὴν ἐπονυμίαν αὐτῷ. Ἀναξαγόρας δὲ καταχέχρηται τῷ ὀνόματι τούτῳ οὐ καλῶς; ὀνομάζει γὰρ αἰθέρα ἀντὶ πυρός. Se hallan aun mas detalles en Aristóteles, I, 3, p. 339, lín. 21-34, Bekk : «Lo que se llama éter tiene una significacion primitiva que parece confunde Anaxágoras con el fuego, porque la region superior está llena de fuego, y Anaxágoras habla de esta region como si la tomase por la del éter luminoso; tiene razon en esto, porque los antiguos han considerado al cuerpo que se mueve con un movimiento eterno, como partícipe de la naturaleza divina, y por esta razon ellos le han llamado éter, á fin de indicar que esta sustancia no tiene análoga entre nosotros. En cuanto á aquellos que consideran de fuego al espacio circundado, así como á los cuerpos que en él se mueven, y que piensan que el resto del espacio comprendido entre los astros y la Tierra está lleno de aire, no tardarán en abandonar idea tan pueril, si quieren darse cuenta exacta de las investigaciones mas recientes de los matemáticos » La misma etimología, que remonta á la idea de la divinidad la de la rotacion perpétua, ha sido reproducida por el aristotélico ó el estóico, autor del libro *de Mundo* (c. 2, p. 392, Bekk). Hé aquí, con tal motivo, una observacion muy exacta del profesor Franz: «El juego de palabras fundado en la semejanza de θεῖον, *divino*, con el θέον del σῶμα ἀεὶ θέον, *cuerpo arrastrado por un movimiento perpétuo*, y del cual se trata en las *Meteorológica*, es una indicacion bien asombrosa de la preponderancia que la imaginacion ejercia entre los antiguos; es una prueba mas de su poca aptitud para discernir con claridad las verdaderas etimologías.»—El profesor Buschmann señala una palabra sanscrita, *âschtra*, que significa éter ó atmósfera, y cuya semejanza con la palabra griega αἰθήρ es muy grande; Van Kennedy habia ya comparado estas dos palabras (*Researches into the Origin and Affinity of the principal Languages of Asia and Europe*, 1828, p. 279). Aun se puede citar, para la misma palabra, la raiz *as*, *asch*, á la cual asignaban los Indios el sentido de *brillar* ó de *alumbrar*.

(64) Pág. 33.—Aristóteles, *de Cœlo*, IV, 1 y 3-4, p. 308 y 311-312, Bekk. Si el Estagirita rehusa al éter el nombre de quinto elemento, lo cual niegan, es cierto, H. Ritter (*Histoire de la Philosophie*, t. III, p. 216) y H. Martin (*Estudios sobre el Timéeo de Platon*, t. II, p. 150), su única razon consiste en decir que el éter, tomado por un estado de la atmósfera, está falto de termino correspondiente (Biese, *Philosophie des Aristoteles*, t. II, p. 66). Los pitagóricos consideraban al éter como un quinto elemento, y lo representaban en su sistema geométrico por el quinto cuerpo regular, el dodecaedro, compuesto de 12 pentágonos. (H. Martin, *idem*, t. II, p. 245-250).

(65) Pág. 33.—V. las pruebas reunidas por Biese, t. II, p. 93.

(66) Pág. 34.—*Cosmos*, t. I, p. 138.

(67) Pág. 34.—V. el bello pasaje acerca de la influencia de los rayos solares en J. Herschell, *Outlines of Astron.*, p. 237: «By the vivifying action of the sun's rays vegetables are enabled to draw support from inorganic matter and become, in their turn, the support of animals and of man, and the sources of those *great deposits of dynamical efficiency which are laid up for human use in our coal strata.* By them the waters of the sea are made to circulate in vapour through the air, and irrigate the land, producing springs and rivers. By them are produced all disturbances of the chemical equilibrium of the elements of nature, which, by a series of compositions and decompositions, give rise to new products, and originate a transfer of materials...»

(68) Pág. 34.—*Philos. Transact.* for. 1795, t. LXXXV, p. 318; Juan Herschell, *Outlines of Astron.*, p. 238; *Cosmos*, t. I, p. 170 y 402, núm. 63.

(69) Pág. 35.—Bessel, en el Schumacher's *Astron. Nachr.* t. XIII, 1836, núm. 300, p. 201.

(70) Pág. 35.—Bessel, *idem*, p. 186-192 y 229.

(71) Pág. 35.—Fourier, *Teoria analitica del calor*, 1822, p. IX, (*Anales de Quimica y de Fisica*, t. III, 1816, p. 350; t. IV, 1817, p. 128; t. VI, 1817, p. 259; t. XIII, 1820, p. 418).—Poisson ha intentado evaluar numéricamente la pérdida que sufre el calor estelar en el espacio al atravesar el éter. (*Teoria matemática del calor*, § 196, p. 436; § 200, p. 447, y § 228, p. 521).

(72) Pág. 35.—Acerca del calor emitido por las estrellas, V. Aristóteles, *Meteor.*, I, 3, p. 340, lin. 58; y acerca de la altura de las capas atmosféricas que poseen el máximo de calor, Séneca, *Natur. Quæst.*, II, 10: «Superiora enim aeris calorem vicinorum siderum sentiunt...»

(73) Pág. 35.—Pseudo-Plutarco, *De placitis Philosoph.*, II, 13.

(74) Pág. 36.—Arago, sobre la temperatura del polo y de los espacios celestes en el *Anuario de la Of. de las Longit.* para 1825, p. 189, y para 1834, p. 192; *Astron. pop.*, t. II, p. 479; Saigey, *Fisica del Globo*, 1832, p. 60-78. Fundándose en discusiones relativas á la refraccion, Svanberg encuentra para la temperatura del espacio—50°,3 (Berzélius *Jahresbericht* für 1830, p. 54); Arago, segun observaciones hechas cerca de los polos,—



56°,7; Péclet, —60°; Saigey, apoyándose en el decrecimiento del calor en la atmósfera, deduce de 367 observaciones hechas por mí sobre la cadena de los Andes y de Méjico,—65°; el mismo, con arreglo á observaciones termométricas hechas sobre el Monte-Blanco y en la ascension aereostática de Gay-Lussac,—77°; Juan Herschell (*Edinburg Review*, t. 87, 1848, p. 223),—132° F., es decir,—91° cent. Poisson admite que la temperatura del espacio debe sobrepujar á la de las capas estremas de la atmósfera (§ 227, p. 520); eso supuesto, como la temperatura media de las islas Melville, á los 74° 47' de latitud, es de—18°,7, Poisson asigna al espacio una temperatura de—13° solamente, mientras que Pouillet le da—142°, con arreglo á investigaciones actinométricas (*Memorias de la Academia de Ciencias*, t. VII, 1838, p. 25-63). Estas enormes discordancias son de tal clase, que hacen nacer dudas sobre la eficacia de los medios á los cuales se ha recurrido hasta el presente.

(75) Pág. 37.—Poisson, *Teoria matem. del Calor*, p. 427 y 438. Segun él, la solidificacion de las capas terrestres ha empezado por el centro, y fué avanzando poco á poco hasta la superficie. V. tambien *Cosmos*, t. I, p. 160.

(76) Pág. 37.—*Cosmos*, t. I, p. 70 y 129.

(77) Pág. 38.—«Were no atmosphere, a thermometer, freely exposed (at sunset) to the heating influence of the earth's radiation, and the cooling power of its own into space, would indicate a medium temperature between that of the celestial spaces (— 132° Fahr. = — 91° cent.) and that of the earth's surface below it (82° F. = 27°,7 cent. at the equator, — 3°,5 F. = — 19°,5 cent. in the Polar Sea). Under the equator, then, it would stand, on the average, at — 25° F. = — 31°,9 cent., and in the Polar Sea at — 68° F. = — 55°,5 cent. The presence of the atmosphere tends to prevent the thermometer so exposed from attaining these extreme low temperatures: first, by imparting heat by conduction; secondly by impeding radiation outwards.» Juan Herschell, en la *Edinburg Review*, t. 87, 1848, p. 223. — «Si no existiese el calor de los espacios planetarios, esperimentaria nuestra atmósfera un enfriamiento del cual no se puede fijar el límite. Probablemente seria imposible la vida de las plantas y de los animales en la superficie del globo, ó relegada quedaria á una estrecha zona de esta superficie.» Saigey *Física del Globo*, p. 77.

(78) Pág. 38.—*Tratado del Cometa de 1743, con una Adicion sobre la fuerza de la Luz y su propagacion en el éter, y sobre la distancia de las estrellas fijas*, por Loys de Chéseaux (1744). Acerca de la transparencia de los

espacios, V. Olbers en el Bode's *Jahrbuch* für 1826, p. 110-121; Struve, *Estudios de Astronomia estelar*, 1847, p. 83-93 y nota 95; Juan Herschell, *Outlines of Astron.*, § 798, y *Cosmos*, t. I, p. 137-138.

(79) Pág. 39.—Halley, on the infinity of the Sphere of fix'd Stars, en las *Philos. Transact.*, t. XXXI, for the year 1720, p. 22-26.

(80) Pág. 39.—*Cosmos*, t. I, p. 76.

(81) Pág. 39.—«Throughout by far the larger portion of the extent of the Milky Way in both hemispheres, the *general blackness* of the ground of the heavens, on wich its stars are projected, etc... In those regions where that zone is clearly resolved into stars well separoted and seen projected *on a black ground*, and where we look out beyond them into space...» (Juan Herschell, *Outlines*, p. 537 y 539.)

(82) Pág. 39.—*Cosmos*, t. I, p. 73, 74 y 365, núm. 53; Laplace, *Ensayo filosófico sobre las Probabilidades*, 1825, p. 133; Arago, *Astronomia popular*, t. II, p. 287-298; Juan Herschell, *Outlines of Astron.*, § 577.

(83) Pág. 39.—El movimiento oscilatorio de los efluvios luminosos que parecen haber salido de la cabeza de ciertos cometas, del de 1744, por ejemplo, y del de Halley, en 1835, efluvios que han sido observados del 12 al 22 de Octubre de 1835, por Bessel (*Astron. Nachr.* números 300-302, p. 185-232), «puede influir, en algunos casos particulares, sobre los movimientos de rotacion y de traslacion de ciertos cometas. Aun hacen presumir estos efluvios (p. 201 y 229) que se produce entonces una fuerza polar diferente de la fuerza de atraccion ordinaria del Sol.» Pero la disminucion del período de 3 $^1/_2$ años del cometa de Encke sigue una marcha sobrado regular, desde hace 63 años, para que pueda ser atribuida al efecto acumulado de una série de efluvios, cuya emision no podria ser sino accidental. V. acerca de esta discusion importante bajo el punto de vista cósmico, Bessel, en las *Astron. Nachr.* de Schumacher, núm. 289, p. 6, y núm. 310, p. 345-350, y el tratado de Encke, sobre la hipótesis de un medio resistente, *idem*, núm. 305, p. 265-274.

(84) Pág. 40.—Olbers, en la *Astron. Nachr.*, núm. 268, p. 58.

(85) Pág. 40.—*Outlines of Astron.*, § 556 y 597.

(86) Pág. 40.—«Asimilando la materia muy escasa que llena los espacios celestes, en cuanto á sus propiedades refringentes, á los gases terrestres, la densidad de esta materia no podria pasar de cierto límite,

cuyo valor pueden asignar las observaciones sobre las estrellas cambiantes, por ejemplo, las de Algol ó de β de Perseo.» (Arago, en el *Anuario* para **1842, p. 336,** *Astron. popul.* t. I, p. 408.)

(87) Pág. 40.—Wollaston, en las *Philos. Transact.* for. 1822, p. 89; Juan Herschell, *Outlines*, § 34 y 36.

(88) Pág. 41.—Newton, *Princ. mathem.*, t. III, 1760, p. 671: «Vapores, qui ex sole et stellis fixes et *caudis cometarum* oriuntur, incidere *possunt*, in atmosphæras planetarum...»

(89) Pág. 41.—*Cosmos*, t. I, p. 111 y 122.

(90) Pág. 42.—*Cosmos*, t. II, p. 307-320, y 472 n.° 48.

(91) Pág. 42.—Delambre, *Hist. de la Astron. mod.*, t. II, p. 255, 269 y 272. Morin mismo dice en su *Scientia longitudinum*, publicada en 1634: «Applicatio tubi optici ad alhidadam pro stellis fixes prompte et accurate mensurandis a me excogitata est.» Picard aun no se servia de anteojo, en 1657, para su cuarto de círculo; y Hevélio, cuando Halley lo visitó, en 1679, para juzgar de la exactitud de sus medidas de altura, observaba con ayuda de dioptros ó de pínolos perfeccionados (Baily, *Catal. of Stars*, p. 38).

(92) Pág. 43.—El infortunado Gascoigne, cuyo mérito ha quedado largo tiempo desconocido, pereció, á la edad de veintitres años apenas, en la batalla de Marston Moor, que Cromwell libró á las tropas reales. V. Derham, en las *Philos. Transact.*, t. XXX, for. 1717-1719, p. 603-610. A él pertenece una invencion que se ha atribuido largo tiempo á Picard y á Auzout, y que ha dado un poderoso impulso á la astronomía de observacion, es decir, á la astronomía cuyo fin principal es determinar las posiciones de los astros.

(93) Pág. 43.—*Cosmos*, t. II, p. 172.

(94) Pág. 44.—El pasaje en que Strabon (lib. III, p. 138, Casaub) pretende combatir la opinion de Posidonio, está concebido así, segun los manuscritos: «La imágen del Sol parece agrandada, sobre el mar, lo mismo á su salida que á su puesta, porque los vapores suben en mayor cantidad del elemento húmedo, pues el ojo que mira á través de los vapores recibe, *como cuando mira á través de un tubo*, rayos rotos que forman una imágen de forma mas grande; y lo mismo sucede cuando se apercibe, á través de una nube seca y delgada el Sol ó la Luna á su puesta; en este último caso, el astro parece tambien rojizo.» Se ha creido,

todavía muy recientemente, que este pasaje habia sido alterado (Kramer, en su edicion de Strabon, 1844, t. I, p. 211), y que en lugar de δι' αὐλῶν, era preciso leer δι' ὑάλων, *á través de los globos de vidrio* (Schneider, *Eglog. fís..*, t. II, p. 273). El poder amplificador del globo de vidrio lleno de agua (Séneca, *Natur. Quæst.*, I, 6) era tan bien conocido de los antiguos como los efectos de los vidrios ó de los cristales ardientes (Aristófanes, *Nubes*, v. 765) y de la esmeralda de Neron (Plinio, XXXVII, 5); pero estos globos no podian servir para nada á los instrumentos astronómicos (V. *Cosmos*, t. II, p. 434, núm. 44). Las alturas del Sol, medidas á través de nubes ligeras ó poco espesas, ó á través de los vapores volcánicos, no presentan ninguna señal de anomalías en la refraccion ordinaria de los rayos de la luz (Humboldt, *Coleccion de Observ. astron.*, t. I, p. 123). El coronel Baeyr ha descubierto que capas de niebla, ó vapores interpuestos á propósito, no producen ninguna desviacion angular en la luz de las señales eliotrópicas, lo que confirma por lo demás los resultados de Arago. Péters ha comparado, en Pulkova, altura de estrellas observadas, ya en un cielo sereno, ya en un cielo cubierto de ligeras nubes, y no ha encontrado diferencia que llegase á 0″,017. *(Incestigaciones sobre el Paralaje de las estrellas*, 1848, p. 80 y 140-143; Struve, *Estudios estela res*, p. 98).—Acerca de los tubos empleados por los Arabes en sus instrumentos astronómicos, V. Jourdain, *Sobre el observatorio de Meragah*, p. 27, y A. Sédillot, *Memoria sobre los instrumentos astronómicos de los Arabes*, 1841, p. 198. Tienen tambien los astrónomos árabes el mérito de haber sido los primeros en emplear grandes gnomones provistos de aberturas circulares. En el sextante colosal de Abu Mohammed al-Chokandi, el arco estaba dividido de 5 en 5 minutos, y recibia por una abertura circular la imágen del Sol. «Al medio dia, los rayos del Sol pasaban por una abertura practicada en la bóveda del Observatorio que cubria al instrumento, seguian al *tubo* y formaban, sobre la concavidad del sextante, una imágen circular, cuyo centro daba sobre el arco graduado el complemento de la altura del Sol. Este instrumento no difiere de nuestro mural sino en que está guarnecido de un simple tubo en lugar de un anteojo.» (Sédillot, p. 37, 202 y 205.) Los dioptros (dilatadores) ó pínulas atravesados por una abertura han sido empleados por los Griegos y los Árabes para determinar el diámetro de la Luna: el agujero redondo de la pínula objetiva móvil era mas grande que el agujero de la pínula ocular fija, y se hacia mover la primera acercándola ó separándola de la segunda, hasta que el disco de la Luna, visto á través de la pínula ocular, parecia llenar enteramente la abertura redonda de la pínula objetiva. (Delambre, *Hist. de la Astron. de la Edad media*, p. 201, y Sédillot, p. 198). Estas pínulas, con sus aberturas circulares ó hendidas, parecen haber sido introducidas por Hiparco; Arquímedes se servia de dos pequeños cilindros fijados sobre la misma alidada. (Bailly, *Hist. de la Astran mod.*, 2.ª edicion, 1785, t. I,

p. 480). V. tambien: *Téon de Alejandría*, Basle., 1538, p. 257 y 262; los *Hypotyp*). de Proclo Diácono, ed. Halma, 1820, p 107 y 110, y Tolomeo, *Almagestas*, ed. Halma, t. I, Par., 1813, p. LVII.

(95) Pág. 44.—Segun Arago. V. Moigno, *Repertorio de Optica moderna*, 1847, p. 153.

(96) Pág. 45.—V. acerca de las rayas negras del espectro solar en la imágen daguérrea, las *Memorias de las sesiones de la Academia de Ciencias*, t. XIV, 1842, p. 902-704, y t. XVI, 1843, p. 402-407.

(97) Pág. 45.—Cosmos, t. II, p. 321.

(98) Pág. 46.—En cuanto á la importante cuestion de distinguir entre la luz propia y la luz reflejada, puédense citar, como ejemplo, las investigaciones de Arago sobre la luz de los cometas. Empleando un aparato fundado sobre la polarizacion cromática que habia descubierto en 1811, Arago ha hallado que la luz del cometa de Halley (1835) daba lugar á dos imágenes teñidas de dos colores complementarios, tales como el rojo y el verde, lo que prueba que esta luz contenia luz solar reflejada. Yo mismo he asistido á investigaciones mas antiguas, hechas para comparar, con ayuda del polariscopo, las propiedades de la luz de la Cabra con las de la luz de un cometa que se habia desprendido de repente de los rayos del Sol, á principios de julio de 1819. (Arago, *Astron. popul.*, t. II, p. 421; *Cosmos*, t. I, p. 94 y 364, n.° 51; Bessel, en él Shumacher's *Jahrbuch* für 1837, p. 169).

(99) Pág. 46.—Carta de Arago á Alejandro de Humboldt, 1840, p. 37: «Con ayuda de un polariscopo, de mi invencion, reconocí (antes de 1820) que la luz de todos los cuerpos terrestres incandescentes, *sólidos ó líquidos*, es luz natural, en tanto que emana del cuerpo bajo incidencias perpendiculares. Por el contrario, la luz que sale de la superficie incandescente bajo un ángulo agudo, ofrece señales manifiestas de polarizacion. No me paro aquí á recordarte cómo yo deduje de este hecho la consecuencia curiosa de que la luz no se engendra solamente en la superficie de los cuerpos; que uua parte nace *en su sustancia misma*, aun cuando esta sustancia fuese platino. Necesito solo decirte que repitiendo la misma sériede pruebas y con los mismos instrumentos sobre la luz que lanza una sustancia *gaseosa* inflamada, no se le halla, *cualquiera que sea la inclinacion*, ninguno de los caractéres de la *luz polarizada;* que la luz de los gases, tomada á su salida de la superficie inflamada, es luz natural, lo que no impide que se polarice en seguida por completo, si se la somete á reflexiones ó á refracciones convenientes. De aquí un método muy sencillo

para descubrir á 40 millones de leguas de distancia la naturaleza del Sol. Si la luz que proviene *del borde de este astro*, la luz emanada de la materia solar *bajo un ángulo agudo*, y que nos llega sin haber esperimentado en su marcha reflexiones ó refracciones sensibles, ofrece señales de polarizacion, el Sol es un cuerpo *sólido* ó *líquido*. Si no se halla, por el contrario, indicio alguno de polarizacion en la luz del borde, la *parte incandescente* del Sol *es gaseosa*. Por este encadenamiento metódico de observaciones puede llegarse á nociones exactas sobre la constitucion física del Sol.» Acerca de las envueltas del Sol, V. Arago, *Astron. popul.*, t. II, p. 101-104. Reproduzco aquí, bajo su forma original, todas las aclaraciones detalladas que tomo de ciertos impresos ó manuscritos de Arago sobre diversos puntos de óptica. Conservando las propias palabras de mi amigo, con objeto de evitar las equivocaciones ó las alteraciones á las cuales la incertitumbre de la terminología científica pudieran dar motivo en las numerosas traducciones que se han hecho de esta obra.

(100) Pág. 46.—Acerca del efecto de una lámina de turmalina, cortada paralelamente á las aristas del prisma, sirviendo, cuando está convenientemente situada, para eliminar en su totalidad los rayos reflejados por la superficie del mar y mezclados con luz que proviene del escollo, V. Arago, *Instrucciones de la Bonita, Obras Completas*, t. IX.

(1) Pág. 46.—De la posibilidad de determinar los poderes refringentes de los cuerpos, segun su composicion química (investigaciones aplicadas á las relaciones del oxígeno y del azoe en el aire atmosférico, con la proporcion del hidrógeno en el amoniaco y en el agua, con el ácido carbónico, el alcohool y el diamante) en Biot y Arago, *Memoria sobre las afinidades de los cuerpos con respecto á la luz*, marzo 1806; *Memorias matemáticas y físicas del Instituto*, t. VII, p. 327-346; Humboldt, *Memoria sobre las Refracciones astronómicas en la zona tórrida*, en la *Coleccion de Observaciones astronómicas*, t. I, p. 115 y 122.

(2) Pág. 46.—Esperiencias de Arago sobre el poder refractivo de los cuerpos diáfanos (del aire seco y del aire húmedo) por el desplazamiento de las franjas, en Moigno, *Repertorio de Optica moderna*, 1847, p. 159-162.

(3) Pág. 47.—Para echar por tierra la asercion de Arato, de que se ven solamente 6 estrellas en las Pléyadas, Hiparco dice (ad Arati *Phænom.* I, pág. 190 in *Uranologio Petavii*): «Una estrella se ha escapado á Arato, porque si se mira atentamente á las Pléyadas, en una *noche pura y sin luna*, se ven en ellas 7 estrellas. Segun esto, parece estraño que Atalo, en su descripcion de las Pléyadas, haya dejado pasar esta equivocacion

de Arato, como si el dicho de este último estuviera conforme con la realidad.» ¡En los *Catasterismos* atribuidos á Eratostenes (XXIII) se llama á Merope *la invisible* παραφανής. En cuanto á la relacion presumida entre el nombre de la estrella *velada* (una hija de Atlas) y los mitos geográficos que se hallan en la *Merópides* de Teopompes, ó con el *gran continente Saturnino* de Plutarco y la Atlántica, V. Humboldt, *Exámen crítico de la Historia de la Geografía*, t. I, p. 160, é Ideler, *Untersuchungen über den Ursprung und die Bedeutung der Sternnamen*, 1809 p. 145. En cuanto á las posiciones astronómicas, V. Mœdler, *Untersuch. über die Fixsternsysteme*, 2.ª parte, 1848, p. 36 y 166, y Baily en las *Mem. of the Astron. Soc.*, t. XIII, p. 33.

(4) Pág. 47.—Ideler, *Sternnamen*, p. 19 y 25.—«Obsérvase, dice Arago, que una luz fuerte hace desaparecer una luz débil colocada en su proximidad. ¿Cuál puede ser la causa? Es posible fisiológicamente que el sacudimiento comunicado á la retina por la luz fuerte se estienda mas allá de los puntos que la luz fuerte ha herido, y que este sacudimiento secundario absorba y neutralice de alguna manera el sacudimiento que proviene de la segunda y débil luz. Pero sin entrar en estas causas fisiológicas, existe una causa directa que se puede indicar para la desaparicion de la luz débil; y es que los rayos que provienen de la grande no han formado solamente una imágen limpia sobre la retina, sino que se han dispersado tambien sobre todas las partes de este órgano, á causa de las imperfecciones de trasparencia de la córnea.—Los rayos del cuerpo brillante *a*, al atravesar la córnea, obran como al atravesar un cuerpo ligeramente deslustrado. Una parte de estos rayos con regularidad refractados, forman la imágen misma de *a*; la otra parte *dispersada* ilumina la totalidad de la retina. Entonces es cuando se proyecta sobre este fondo luminoso la imágen del objeto cercano *b*. Esta última imágen debe, pues, ó desaparecer ó debilitarse. *Por el dia*, dos causas contribuyen al debilitamiento de las estrellas. Una de estas causas es la imágen perceptible de de esta parte de la atmósfera comprendida en la direccion de la estrella (de la parte aérea colocada entre el ojo y la estrella) y sobre la cual viene á pintarse la imágen de la estrella; la otra causa es la luz difusa que proviene de la dispersion que los defectos de la córnea imprimen á los rayos que emanan de todos los puntos de la atmósfera visible. *Por la noche*, las capas atmosféricas interpuestas entre el ojo y la estrella hácia la cual se dirige la vista, no obran; cada estrella del firmamento forma una imágen mas limpia, pero una parte de su luz se halla dispersa á causa de la falta de diafaneidad de la córnea. El mismo razonamiento se aplica á una segunda, tercera... milésima estrella. La retina se halla, pues, iluminada en totalidad por una luz difusa, proporcional al número de esta estrella y á su brillo. Concíbese por esto que la suma de luz difusa, debilite ó

haga desaparecer enteramente la imágen de la estrella hácia la cual se dirige la vista.» (Arago, *Manuscrito* de 1847; *Astron. popul.*, t. I, p. 192-196).

(5) Pág. 48.—Arago, en el *Anuario* para 1842, p. 284, y en las *Memorias*, t. XV, 1812, p. 750. (Schumacher's *Astron. Nachr.*, n. 702). «Relativamente á vuestras conjeturas sobre la visibilidad de los satélites de Júpiter, me escribe el doctor Galle, me he ocupado en determinar su magnitud por via de evaluacion. He descubierto, contra lo que esperaba, que estos satélites no son de 5.ª magnitud, sino de 6.ª ó de 7.ª á lo mas. Solamente el tercer satélite, que es el mas brillante, parecia igualar en esplendor á una estrella cercana de 6.ª magnitud, que podia aun descubrir á simple vista á alguna distancia de Jupiter. Teniendo en cuenta el efecto producido por la viva luz de Júpiter, estimo que este satélite pareceria tal vez de 5.ª ó de 6.ª magnitud si estuviese aislado. El cuarto satélite se encontraba en su mayor elongacion; no obstante, yo no le considero superior á la 7.ª magnitud. Los rayos de Júpiter no hubieran impedido á este satélite ser visible, si hubiese escedido de esta magnitud. Comparando Aldebaran con la estrella próxima θ de Tauro, en donde se distinguen claramente dos estrellas separadas por un intervalo de 5′ ½, he adquirido la certeza de que para nna vista ordinaria los rayos de Júpiter se estienden á 5′ ó 6′ por lo menos.» Estas evaluaciones convienen con las de Arago; este cree asimismo que los falsos rayos pueden tener una estension doble para algunas personas. Se sabe ademas que las distancias medias de los cuatro satélites al centro de Júpiter son 1′ 51″, 2′ 57″, 4′ 42″ y 8′ 16″. «Si suponemos que la imágen de Júpiter, para ciertas vistas escepcionales, se despliega solamente por rayos de uno ó de dos minutos de amplitud, no parecerá imposible que sean de tiempo en tiempo percibidos los satélites, sin tener necesidad de recurrir al artificio de la amplificacion. Para comprobar esta conjetura, he hecho construir un pequeño anteojo en el cual el objetivo y el ocular tienen poco mas ó menos el mismo foco, y que, por lo tanto, no aumenta. Este anteojo no destruye enteramente los rayos divergentes, sino que reduce considerablemente su longitud. Esto ha bastado para que un satélite, convenientemente separado del planeta, llegase á ser visible. El hecho ha sido comprobado por todos los jóvenes astrónomos del Observatorio.» (Arago en las *Memorias*, t. XV, 1842, p. 751).—Puédese citar, como un notable ejemplo del grado de penetracion que alcanza la vista de ciertos indivíduos, y de la grande sensibilidad de la retina, el caso de un maestro sastre, llamado Schœn, que murió en Breslau en 1837, y acerca del cual el sábio y hábil director del Observatorio de esta ciudad, Boguslawski, me ha dado interesantes noticias. «Se ha adquirido la certeza varias veces, despues de 1820, por pruebas

formales, que Schœn distinguia los satélites de Júpiter, cuando la noche estaba serena y sin luna. Indicaba exactamente la posicion de ellos, y podia hacerlo asimismo de varios satélites á la vez. Cuando se le decia que los falsos rayos de los astros impedian á las demas personas hacer otro tanto, Schœn manifestaba su asombro respecto de estos falsos rayos tan fastidiosos para los demas. Segun los vivos debates que se suscitaban entre él y las personas presentes á estos esperimentos, acerca de la dificultad de percibir los satélites á simple vista, fué preciso convenir en que, para Schœen, las estrellas y los planetas estaban desprovistos de rayos parásitos, y parecian como simples puntos brillantes. El tercer satélite era el que él distinguia mejor; tambien veia muy bien el primero hácia sus mayores disgresiones, pero no vió jamás el segundo ni el cuarto solo. Cuando el estado del cielo no era enteramente favorable, los satélites le parecian simples líneas luminosas. Jamás en estos esperimentos le acaeció confundir á los satélites con pequeñas estrellas, sin duda á causa del centelleo de estas y de su luz menos sosegada. Algunos años antes de su muerte, Schœn se me quejaba de la debilidad de su vista; sus ojos no podian ya distinguir las lunas de Júpiter; asimismo, cuando el aire estaba puro, no le parecian ya aisladamente mas que como débiles rasgos de luz.» Los resultados de estas indagaciones concuerdan muy bien con lo que se sabe desde hace largo tiempo acerca del brillo relativo de los satélites de Júpiter; porque para indivíduos dotados de órganos tan perfectos y tan sensibles, es probable que el brillo y la naturaleza de la luz tienen mas efecto que la distancia de los satélites al planeta. Schœn no vió jamás el segundo ni el cuarto satélite. El segundo es el mas pequeño de todos; el cuarto es, en verdad, el mas lejano y aun el mas brillante despues del tercero; pero su color se oscurece periódicamente, y es casi siempre el mas débil de los cuatro satélites. En cuanto al tercero y al primero, que Schœn percibia mas fácil y frecuentemente á simple vista, el uno (el tercero) es el mas grande, el que de ordinario brilla mas, y su luz es de un amarillo muy determinado; el otro (el primero) descuella algunas veces por el brillo de su viva luz amarilla sobre el tercer satélite, por mas que sea mucho mas pequeño. (Mædler, *Astron.*, 1846, p. 231-234 y 439). En cuanto á la cuestion de saber cómo puntos brillantes tan lejanos pueden ser vistos bajo forma de rayas luminosas, consúltese á Sturm y Airy en las *Memorias*, t. XX, p. 764-766.

(6) Pág. 49.—«La imágen *dilatada* de una estrella de 7.ª magnitud no escita suficientemente la retina, ni hace nacer en ella una sensacion apreciable de luz. Si la imágen *no estuviese dilatada* (por rayos divergentes), la sensacion tendria mas fuerza, y se veria la estrella. La primera clase de estrellas imperceptibles á simple vista, no seria ya entonces la sétima; para hallarla, seria preciso tal vez descender entonces hasta la 12.ª

Consideremos un grupo de estrellas de 7.ª magnitud, de tal manera cercanas las unas de las otras, que los intervalos escapan necesariamente á la vista. *Si la vision tuviese limpieza*, si la imágen de cada estrella fuese muy pequeña y bien terminada, el observador percibiria un campo de luz, en el cual cada punto tendria el *brillo concentrado* de una estrella de 7.ª magnitud. El *brillo concentrado* de una estrella de 7.ª magnitud, basta para la percepcion á simple vista. El grupo seria, pues, perceptible á simple vista. Dilatemos ahora sobre la retina la imágen de cada estrella del grupo; reemplacemos cada punto de la antigua imágen general por un pequeño círculo: estos círculos se echarán los unos sobre los otros, y los diversos puntos de la retina se hallarán iluminados por la luz que viene simultáneamente de varias estrellas. A poco que se reflexione sobre ello, se tendrá la evidencia de que, escepto sobre los bordes de la imágen general, el area luminosa así esclarecida tiene precisamente, á causa de la superposicion de los círculos, la misma intensidad que en el caso en el cual cada estrella no ilumina mas que un solo punto en el fondo el ojo; pero si cada uno de estos puntos recibe una luz igual en intensidad á la luz concentrada de una estrella de 7.ª magnitud, es claro que la dilatacion de las imágenes individuales de las estrellas contiguas, no debe impedir la visibilidad del conjunto. Los instrumentos telescópicos tienen, aunque en un grado mucho menor, el defecto de dar tambien á las estrellas un *diámetro sensible y facticio*. Con estos instrumentos, como á simple vista, se deben, pues, percibir grupos compuestos de estrellas inferiores en intensidad á las que los mismos anteojos ó telescopios harian percibir aisladamente.» Arago, en el *Anuario del Bur. de las Longitudes* para el año de 1842, p. 284; *Astron. Popul.*, t. I, p. 186-192.

(7) Pág. 49.—Guillermo Herschell en las *Philos. Transac.*, for. 1803, t. 93, p. 225, y for 1805, t. 95, p. 184. V. tambien Arago en el *Anuario* para 1842, p. 360-374; *Astron. Popul.*, t. I, p. 364-371.

(8) Pág. 52.—Humboldt, *Relacion hist. del Viaje á las Regiones equinoc.*, t. I, p. 92-97; y Bouguer, *Tratado de Optica*, p. 360 y 365. V. tambien al cap. Beechey en el *Manual of scientific Enquiry for the use of the R. Navy*, 1849, p. 71.

(9) Pág. 53.—El pasaje de Aristóteles citado por Bufon, se halla en un libro en donde apenas se hubiera ido á buscar; el libro *de Generat. Animal*, V, I, p. 780, Bekker. Hé aquí su traduccion exacta: «Ver bien es, por una parte, ver de lejos, y por otra, es distinguir claramente las diferencias de los objetos percibidos. Estas dos facultades no se hallan siempre reunidas en el mismo indivíduo. Porque el que pone su mano por encima de los ojos ó *mira á través de un tubo*, no está ni mas ni me-

nos por esto en estado de distinguir las diferencias de colores, y no obstante, podrá ver objetos situados á muchas mayores distancias. De aquí proviene tambien que *las personas colocadas en cavernas y cisternas vean algunas veces estrellas.»* Ορύγματα, y sobre todo φρέατα, son cisternas subterráneas ó especies de silos naturales escavados por manantiales. Pues bien: en Grecia, segun el testimonio ocular del profesor Franz, estas cavidades comunican con el aire y la luz por un pozo vertical, y este pozo se ensancha por debajo como el gollete de una botella. Plinio dice (l. II, c. 14): «Altitudo cogit minores videri stellas; affixas cœlo Solis fulgor interdiu non cerni, quum æque ac noctu luceant: idque manifestum fiat *defectu Solis et prœaltis puteis.»* Cleomedes (Cycl. Theor., p. 83, Bake), no habla de las estrellas vistas en pleno dia; pero supone «que el Sol, visto desde el fondo de profundas cisternas, parece aumentado á causa de la oscuridad y de la humedad del aire.»

(10) Pág. 53.—«We have ourselves heard it stated by a celebrated optician, that the earliest circumstance which drew his attention to astronomy, was the regular appearance, at a certain hour, for several successive days, of a considerable star, through the shaft of a chimney.» Juan Herschell, *Outlines of Astron.*, § 61. Los fumistas á quienes he interrogado con este motivo, han estado casi todos de acuerdo en decir que no habian visto estrellas en pleno dia, pero que durante la noche veian la bóveda del cielo enteramente cercana, y que las estrellas les parecian como agrandadas. Me abstengo de toda apreciacion respecto á la conexion de estas dos ilusiones.

(11) Pág. 53.—Saussure, *Viaje á los Alpes*, Neufchâtel, 1779, 4.°, t. IV, § 2007, p. 199.

(12) Pág. 54.—Humboldt, *Ensayo sobre la geografía de las Plantas*, p. 103, y *Viaje a las regiones equinocc.*, t. I, p. 143 y 248.

(13) Pág. 55.—Humboldt en la *Monatlicher Correspondenz zur Erd-und Himmels-Kunde*, del baron de Zach, t. I, 1800, p. 396; y en el *Viaje á las regiones equinocc.*, t. I, p. 125: «Creia uno ver pequeños cohetes lanzados al aire. Puntos luminosos, elevados 7 u 8 grados, parecian moverse primero en sentido vertical; despues se convertia su movimiento en una verdadera oscilacion horizontal. Estos puntos luminosos eran imágenes de varias estrellas agrandadas (en apariencia) por los vapores, y que volvian al mismo punto del cual habian partido.»

(14) Pág. 55.—El príncipe Adalberto de Prusia, *Aus meinem Tagebuche*, 1847, p. 213. El fenómeno de que aquí se trata, ¿se relacionará con

las oscilaciones de la Polar, de 10'' á 12'' de amplitud, que Carlini ha notado varias veces cuando observaba los pasos de la Polar con ayuda del anteojo meridiano de gran aumento del observatorio de Milan? V. Zach, *Correspondencia astronóm. y geogr*., t. II, 1819, p. 84. Brandes atribuye esta apariencia á un efecto de espejismo (Gehler's *umgearb. phys. Wœrterbuch*, t. IV, p. 549). Un escelente observador, el coronel Baeyer, ha visto tambien la luz eliotrópica presentar oscilaciones horizontales.

(15) Pág. 59.—En estos últimos tiempos, Uytenbrock ha dado á conocer los eminentes servicios de Constantino Huyghens y sus condiciones como constructor de instrumentos ópticos, en su *Oratio de fratribus Christiano atque Constantino Hugenio, artis dioptricæ cultoribus*, 1838. V. tambien el sábio director del observatorio de Leyde, el profesor Kaiser, en los Schumacher's *Astron. Nachr.*, núm. 592, p. 246.

(16) Pág. 59.—Arago en la *Astron. popul.*, t. I, p. 181.

(17) Pág. 59.—«Hemos colocado estos grandes cristales, dice Domingo Cassini, unas veces sobre un gran mástil, otras sobre la *torre de madera traida de Marly*; los hemos puesto, por fin, en un tubo montado sobre un sustentáculo en forma de escalera de tres caras, lo que ha tenido el éxito (en el descubrimiento de los satélices de Saturno) que de ellos habíamos esperado.» (Delambre, *Hist. de la Astronom. moderna*, t. II, p. 785). La largura escesiva de estos instrumentos de óptica recuerda los instrumentos de los Arabes, los cuartos de círculo de 58 metros de radio; el arco dividido recibia la imágen del Sol, cuya luz penetraba por un agujerito redondo, á la manera de los gnomones. Un cuarto de círculo de este género se habia levantado en Samarcanda; era probablemente una imitacion amplificada del sextante de 18,5 metros de altura de Al-Chokandi. V. Sédillot, *Prolegómenos de las Tablas de Olugh Beigh*, 1847, p. LVII y CXXIX.

(18) Pág. 59.—Delambre, *Hist. de la Astron. mod.*, t. II, p. 594. Un capuchino, Schyrle van Rheita, escritor místico, pero muy versado en las materias de óptica, habia ya hablado, en su *Oculus Enoch et Eliæ* (Antverp., 1645), de la próxima posibilidad de construir anteojos que produjesen un aumento de 4,000 veces; queria servirse de ellos para ejecutar mapas muy exactos de la Luna. V. tambien *Cosmos*, t. II, p. 472 núm. 48.

(19) Pág. 60.—*Edinb. Encyclopædia*, t. XX, p. 479.

(20) Pág. 60.—Struve, *Estudios de astron. estelar*, 1847, nota 59, p. 24. Por mas que yo haya adoptado en todas partes las medidas francesas,

he conservado en el texto las designaciones de 40, 20 y 7 pies ingleses para las longitudes de los telescopios de Herschell. No solamente estas designaciones son mas cómodas, sino que han recibido tambien una especie de consagracion histórica por los grandes trabajos del padre y del hijo en Inglaterra, y en Feldhausen, en el cabo de Buena Esperanza.

(21) Pág. 61.—Schumacher's *Astron. Nackr.*, núms. 371 y 611. Cauchoix y Lerebours han construido tambien objetivos de mas de 34 centímetros de diámetro y de 7,7 metros de foco.

(22) Pág. 62.—Struve, *Stellarum duplicium et multiplicium Mensuræ micrometricæ*, p. 2-41.

(23) Pág. 63.—Airy ha descrito y comparado recientemente los procedimientos que se han seguido en la construccion de estos dos telescopios; las proporciones de la liga, la fusion del metal, los aparatos de pulimento y los aparatos para la instalacion de los espejos. V. *Abst. of the Astron. Soc.*, t. IX, núm 5 (march 1849). Léese en él lo siguiente sobre los efectos del espejo de 6 piés de diámetro (1,83 m.) de Rose (p. 120): «The Astronomer royal (M. Airy) alluded to the impression made by the enormous light of the telescope; partly by the modifications produced in the appearances of nebulæ already figured, partly by the great number of stars seen even at a distance from the Milky Way, and partly from the prodigious brilliancy of *Saturn*. The account given by another astronomer of the appearance of *Jupiter* was, that it resembled a coach-lamp in the telescope; and this well expresses the blaze of light which is seen in the instrument.» V. tambien Juan Herschell, *Outlines of Astron.*, § 870: «The sublimity of the spectacle afforded by the magnificent reflecting telescope constructed by lord Rosse of some of the larger globular clusters of nebulæ is declared by all, who have witnessed it, to be such as no words can express. This telescope has resolved or rendered resolvable multitudes of nebulæ which had resisted all inferior powers.»

(24) Pág. 63.—Delambre, *Hist. de la Astr. mod.*, t. II, p. 255.

(25) Pág. 64.—Struve, *Mens. microm.*, p. XLIV.

(26) Pág. 64.—Schumacher's *Jahrbuch* für 1839, p. 100.

(27) Pág 64.—«La *luz atmosférica difusa* no puede esplicarse por el reflejo de los rayos solares sobre la superficie de separacion de las ca-

pas de diferentes densidades de las cuales se supone está compuesta la atmósfera. En efecto: supongamos colocado el Sol en el horizonte; las superficies de separacion en la direccion del cenit serian horizontales; por consecuencia lo seria tambien la reflexion, y no veriamos ninguna luz en el cenit. En el supuesto de las capas, ningun rayo nos llegaria por efecto de una primera reflexion. Unicamente las reflexiones múltiples podrian obrar. Así, pues, para esplicar la *luz difusa*, es preciso figurarse la atmósfera compuesta de moléculas (esféricas por ejemplo), de las cuales cada una da una imágen del Sol aproximadamente, como las bolas de cristal que colocamos en los jardines. El aire puro es azul, porque segun Newton, las moléculas del aire tienen el *espesor* que conviene á la reflexion de los rayos azules. Es, pues, natural que las pequeñas imágenes del Sol que por todas partes reflejan las moléculas esféricas del aire, y que son la luz difusa, tengan un tinte azul; pero este azul no es azul puro, es un blanco en el cual predomina lo azul. Cuando el cielo no está enteramente puro y el aire está mezclado de vapores visibles, la luz difusa recibe mucho blanco. Como la luna es amarilla, el azul del aire es durante la noche un poco verdoso, es decir, mezclado de azul y de amarillo.» (Arago, *manuscrito* de 1847).

(28) Pág. 64.—*De uno de los efectos de los anteojos sobre la visibilidad de las estrellas*. (Carta de Arago á de Humboldt, en Dic. de 1847).

«El ojo no está dotado mas que de una sensibilidad circunscrita, limitada. Cuando la luz que hiere la retina no tiene bastante intensidad, no siente nada el ojo. Sucede que por una falta de intensidad muchas estrellas, aun en las noches mas profundas, escapan á nuestras observaciones. Los anteojos tienen por efecto, *en cuanto á las estrellas*, aumentar la intensidad de la imágen. El haz cilíndrico de rayos paralelos que viene de una estrella, y que se apoya sobre la superficie del lente objetivo teniendo esta superficie por base, se halla estrechado considerablemente á la salida por el lente ocular. El diámetro del primer cilindro es al diámetro del segundo, como la distancia focal del objetivo es á la distancia focal del ocular, ó bien, como el diámetro del objetivo es al diámetro de la parte de ocular que ocupa el haz emergente. Las intensidades de luz en los dos cilindros en cuestion (en los dos cilindros incidente y emergente) deben ser entre sí como las estensiones superficiales de las bases. Asi la luz emergente será mas condensada, mas intensa que la luz natural que cae sobre el objetivo, en la relacion de la superficie de este objetivo á la superficie circular de la base del haz emergente. El haz emergente, cuando el anteojo aumenta, siendo mas estrecho que el haz cilíndrico que cae sobre el objetivo, es evidente que la pupila, cualquiera que sea su abertura, recogerá mas rayos por el intermediario

del anteojo que sin éste. El anteojo aumentará, pues, siempre la intensidad de la luz de las estrellas.

»El caso mas favorable, en cuanto al efecto de los anteojos, es evidentemente aquel en el cual el ojo recibe la totalidad del haz emergente, el caso en el cual este haz tiene menos diámetro que la pupila. Entonces toda la luz que el objetivo abraza, concurre, por mediacion del telescopio, á la formacion de la imágen. A simple vista, por el contrario, tan solo se aprovecha una parte de esta luz: es la pequeña porcion que la superficie de la pupila recorta en el haz incidente natural. La intensidad de la imágen telescópica de una estrella es, pues, á la intensidad de la imágen á la simple vista, como la superficie del objetivo es á la de la pupila.

»Lo que precede es relativo á la visibilidad de un solo punto, de una sola estrella. Vengamos á la observacion de un objeto que tenga dimensiones angulares sensibles, á la observacion de un *planeta*. En los casos mas favorables, es decir, cuando la pupila recibe la totalidad del pincel emergente, la intensidad de la imágen de cada punto del planeta se calculará por la proporcion que acabamos de dar. La cantidad total de la luz que concurre á formar el conjunto de la imágen á simple vista, será, pues, tambien á la cantidad total de la luz que forma la imágen del planeta con ayuda de un anteojo, como la superficie de la pupila es á la del objetivo. Las intensidades comparativas, no ya de puntos aislados, sino de las dos imágenes de un planeta que se forman sobre la retina á simple vista, y por el intermediario de un anteojo deben evidentemente disminuir proporcionalmente á las estensiones superficiales de estas dos imágenes. Las dimensiones lineales de las dos imágenes son entre sí como el diámetro del objetivo es al diámetro del haz emergente. El número de veces que la superficie de la imágen ampliada sobrepuje á la superficie de la imágen á simple vista, se obtendrá, pues, dividiendo el cuadrado del diámetro del objetivo por el cuadrado del diámetro del haz emergente, ó bien la superficie del objetivo por la de la base circular del haz emergente.

»Hemos ya obtenido la relacion de las cantidades totales de luz que engendran las dos imágenes de un planeta, dividiendo la superficie del objetivo por la superficie de la pupila. Este número es menor que el cociente, al cual se llega dividiendo la superficie del objetivo por la superficie del haz emergente. Resulta de esto, en cuanto á los planetas, que un anteojo hace ganar menos en intensidad de luz, que lo que hace perder agrandando la superficie de las imágenes sobre la retina; la intensidad de estas imágenes debe, pues, ir contínuamente debilitándose á medida que el poder amplificativo del anteojo ó del telescopio acrece.

»La atmósfera puede ser considerada como un planeta de dimensiones indefinidas. La parte de ella que se verá en un anteojo sufrirá, pues,

tambien la ley de debilitamiento que acabamos de indicar. La relacion entre la intensidad de la luz de un planeta y el campo de luz atmosférica á través de la cual se la verá, será el mismo á simple vista y en los anteojos de todos los aumentos, de todas las dimensiones. Los anteojos, bajo la relacion de la intensidad, no favorecen, pues, la visibilidad de los planetas.

»No sucede lo mismo con las *estrellas*. La intensidad de la imágen de una estrella es mas fuerte con un anteojo que á simple vista: por el contrario, el campo de la vision, uniformemente alumbrado en los dos casos por la luz atmosférica es mas claro á simple vista que con el anteojo. Hay, pues, dos razones, sin salir de las consideraciones de intensidad, para que en un anteojo la imágen de la estrella predomine sobre la de la atmósfera y notablemente mas que á simple vista.

»Este predominio debe ir gradualmente aumentando con el engruesamiento. En efecto, hecha abstraccion de cierto aumento de diámetro de la estrella, consecuencia de diversos efectos de *difraccion* ó de *interferencias*, abstraccion hecha tambien de una reflexion mas fuerte que sufre la luz sobre las superficies mas oblícuas de los oculares de focos mas cortos, la intensidad de la luz de la estrella es constante, en tanto que la abertura del objetivo no cambie. Como se ha visto, la claridad del campo del anteojo, por el contrario, disminuye sin cesar á medida que acrece el poder amplificativo. Así, pues, quedando iguales todas las demás circunstancias, una estrella será tanto mas visible, y su predominio sobre la luz del campo del telescopio será tanto mas limitada mientras se haga uso de un aumento mas fuerte.» (Arago, *Astron. popul.*, t. I, p. 186-188, y p. 197-198).—Estracto tambien lo que sigue del *Anuario del Bur. de las Long. para* 1846 (Datos científicos por Arago), p. 381: «La esperiencia ha enseñado que para el comun de los hombres, dos espacios alumbrados y contiguos no se distinguen el uno del otro, á menos que sus intensidades comparativas no presenten, en el mínimum, una diferencia de $^1/_{60}$. Cuando un anteojo está vuelto hácia el firmamento, su campo parece iluminado uniformemente: es porque entonces existe, en un plano que pasa por el foco y perpendicular al eje del objetivo, una imágen indefinida de la region atmosférica hácia la cual está dirigido el anteojo. Supongamos que un astro, es decir, un objeto situado bastante mas allá de la atmósfera, se halla en la direccion del anteojo: su imágen no será visible mientras que no aumente $^1/_{60}$, por lo menos, la intensidad de la parte de la imágen focal indefinida de la atmósfera, sobre la cual irá á colocarse su propia imágen limitada. Sin esto, el campo visual continuará pareciendo por todas partes de la misma intensidad.»

(29) Pág. 66.—Por primera vez ha publicado Arago su teoría del centelleo en un apéndice al 4.° libro de mi *Viaje á las Regiones equinoccia-*

les, t. I, p. 623. Me considero feliz con poder enriquecer el capítulo relativo á la vision natural y telescópica con las aclaraciones siguientes, las cuales reproduzco testualmente.

De las causas del centelleo de las estrellas.

«Lo que es mas de notar en el fenómeno del centelleo, es el cambio de color. Este cambio es mucho mas frecuente de lo que indica la observacion ordinaria. En efecto, agitando el anteojo, se trasforma la imágen en una línea ó un círculo, y todos los puntos de esta línea ó de este círculo aparecen de diferentes colores. Cuando se deja el anteojo inmóvil, se ve la resultante de la superposicion de todas estas imagenes. Los rayos que se reunen en el foco de un lente, vibran de acuerdo ó en desacuerdo, se aumentan ó se destruyen, segun que las capas por ellos atravesadas tienen tal ó cual refringencia. El conjunto de los rayos rojos puede destruirse *solo*, si los de la derecha y de la izquierda, y los de arriba y de abajo han atravesado medio, igualmente refringentes. Hemos dicho *solo*, porque la diferencia de refringencia que corresponde á la destruccion del rayo rojo, no es la misma que acarrea la destruccion del rayo verde, y recíprocamente. Ahora bien: si los rayos rojos son destruidos, lo que queda será el blanco menos el rojo, es decir, el verde. Si, por el contrario, el verde es destruido por *interferencia*, la imágen será del blanco menos el verde, es decir, del rojo. Para esplicar por qué los planetas de gran diámetro no centellean ó centellean muy poco, es preciso acordarse de que el disco puede ser considerado como una agregacion de estrellas ó de puntitos que centellean aisladamente; pero las imágenes de diferentes colores que daria cada uno de estos puntos, tomado aisladamente, obrando las unas sobre las otras, formarian el blanco. Cuando se coloca diafragma ó un tapon atravesado por un agujero sobre el objetivo de un anteojo, las estrellas adquieren un disco rodeado de una série de anillos luminosos. Si se hunde el ocular, el disco de la estrella aumenta en diámetro y se produce en su centro un agujero oscuro; si se hunde mas, un punto luminoso sustituye al punto negro. Un nuevo hundimiento da lugar á un centro negro, etc. Tomemos el anteojo cuando el centro de la imágen es negro, y dirijámosle á una estrella que no centellea: el centro quedará negro, como lo estaba antes. Si se dirige el anteojo, por el contrario, á una estrella que centellea, se verá el centro de la imágen luminoso y oscuro por intermitencia. En la posicion en la cual el centro de la imágen está ocupado por un punto luminoso, se verá á este punto desaparecer y renacer sucesivamente. Esta desaparicion ó reaparicion del punto central es la prueba directa de la *interferencia* variable de los rayos. Para concebir bien la ausencia de luz en el centro de estas imágenes dilatadas, es preciso tener en cuenta que

los rayos refractados con regularidad por el objetivo no se reunen y no pueden, por consecuencia, *interferir* mas que en el foco: por tanto, las imágenés dilatadas que estos rayos pueden producir, quedarian siempre llenas (sin agujero). Si en determinada posicion del ocular se presenta un agujero en el centro de la imágen, es porque los rayos refractados con regularidad *interfieren* con los rayos *difractados* sobre los bordes del diafragma circular. El fenómeno no es constante, porque los rayos que interfieren en un momento dado, no interfieren un momento despues, cuando han atravesado capas atmosféricas cuyo poder refringente ha variado. Hállase en esta esperiencia la prueba manifiesta del papel que juega en el fenómeno del centelleo la desigual refrangibilidad de las capas atmosféricas atravesadas por los rayos cuyo haz es muy estrecho.

«Resulta de estas consideraciones que la esplicacion de los centelleos no puede referirse mas que á los fenómenos de las *interferencias luminosas*. Los rayos de las estrellas, desques de haber atravesado una atmósfera en donde existen capas desigualmente calientes, desigualmente densas, desigualmente húmedas, van á reunirse en el foco de un lente para formar allí imágenes de intensidad y de colores perpetuamente mudables, es decir, imágenes tales como las presenta el centelleo. Existe tambien centelleo fuera del foco de los anteojos. Las esplicaciones propuestas por Galileo, Scalígero, Keplero, Descartes, Hooke, Huyghens, Newton y Juan Michel, que yo he examinado en una memoria presentada al Instituto en 1840 (*Memorias*, t. X, p. 83), son inadmisibles. Tomás Young, á quien debemos las primeras leyes de las interferencias, ha creido inesplicable el fenómeno del centelleo. La falsedad de la antigua explicacion por vapores que revolotean y se mudan, está ya probada por la circunstancia de que vemos el centelleo de los ojos, lo que supondria una mutacion de un minuto. Las ondulaciones de los bordes del Sol son de 4'' á 5'' y tal vez piezas que *fallan*; luego tambien efecto de la interferencia de los rayos.» (*Extracto de los manuscritos de Arago*, 1547.)

(30) Pág. 67.—Arago, en el *Anuario* para 1831, p. 168.

(31) Pág. 68.—Aristóteles, *de Cœlo*, II, 8, p. 290, Bekker.

(32) Pág. 68.—*Cosmos*, t. II, p. 314.

(33) Pág. 69.—Causæ scintillationis, en Keplero, *de Stella nova in pede Serpentarii*, 1606, c. 18, p. 92-97.

(34) Pág. 69.—Carta de Garcin, doctor en Medicina, á de Réaumur, en la *Hist. de la Academia real de Ciencias*, año 1743, p. 28-32.

(35) Pág. 71.—Humboldt, *Viaje á las Regiones equinocc.*, t. I, p. 511 y 512; t. II, p. 202-208, y *Cuadros de la naturaleza*, 3.ª edicion, 1851, t. I, p. 25 y 217 de la trad. francesa. «En Arabia, dice Garcin, lo mismo que en Bender-Abassi, puerto famoso del golfo Pérsico, el aire está perfectamente sereno casi todo el año. Pasa la primavera, el verano y el otoño sin que allí se vea el menor rocío. En estas mismas estaciones, todo el mundo duerme al aire sobre lo alto de las casas. Cuando se está acostado de tal suerte, no es posible apreciar el placer que se tiene en contemplar la belleza del cielo, el brillo de las estrellas. Es una luz pura, firme y resplandeciente, sin centelleo. Tan solo á mediados del invierno, aunque muy débil, se apercibe allí el centelleo.» Garcin, en la *Hist. de la Academia de Ciencias*, 1743, p. 30.

(36) Pág. 71.—A propósito de las ilusiones que provienen de la propagacion sucesiva del sonido y de la luz, dice Bacon: «Atque hoc cum similibus nobis quandoque dubitationem peperit plane monstrosam; videlicet, utrum cœli sereni et stellati facies ad idem tempus cernatur, quando vere existit, an potius aliquanto post; et utrum non sit (quatenus ad visum cœlestium) non minus tempus verum et tempus visum, quam locus verus et locus visus, qui notatur ab astronomis in parallaxibus. Adeo incredibile nobis videbatur, species sive radios corporum cœlestium, per tam immensa spatia milliarium, subito deferri posse ad visum; sed potius debere eas in tempore aliquo notabili delabi. Verum illa dubitatio (quoad majus aliquod intervallum temporis inter tempus verum et visum) postea plane evanuit, reputantibus nobis...» *The Works of Francis Bacon*, t. I, Lond. 1740 (*Novum Organum*), p. 371. Vuelve enseguida sobre sí mismo, como todos los antiguos, y rechaza las verdades tan claras que acaba apenas de esponer.—V. Somerville, *the Connexion of the Physical Sciences*, p. 36, y *Cosmos*, t. I, p. 140.

(37) Pág. 71.—Véase la exposicion del método de Arago en el *Anuario del Bur. de las Longitudes* para 1842, p. 337-343. «La observacion atenta de las fases de Algol en seis meses de intervalo servirá para determinar directamente la velocidad de la luz de esta estrella. Cerca del máximum y del mínimum, el cambio de intensidad se obra lentamente; es, por el contrario, rápido en ciertas épocas intermedias entre las que corresponden á los dos estados estremos, cuando Algol, bien disminuyendo, bien aumentando en brillo, pasa por la tercera magnitud.»

(38) Pág. 72.—Newton, *Opticks*, 2.ª edicion, (Lond. 1718), p. 325: «Light moves from the Sun to us 7 or 8 minutes of time.» Newton compara la velocidad de la luz á la del sonido (370 metros por segundo). Como admite, segun las observaciones de los eclipses de los satélites de

Júpiter (la muerte de este gran hombre precedió unos 6 meses al descubrimiento de la aberracion por Bradley) que la luz viene del Sol á la Tierra en 7′ 30″, recorriendo asi un espacio que evalúa en 70 millones de millas inglesas, dedúcese de aquí que la velocidad de la luz seria de 155,555 $^5/_9$ de millas inglesas por segundo. La reduccion de estas millas á millas geográficas de 15 al grado del Ecuador presenta alguna incertidumbre, segun que se admita tal ó cual evaluacion de las dimensiones del globo terrestre. La milla inglesa vale 5,280 piés ingleses o 1,609m, 31,449. Si se admiten los resultados de Bessel para el elipsoide terrestre (*Éfémèr. de Berlin* para 1852) se halla con los datos de Newton, una velocidad de 33,796 millas geográficas, ó de 25,034 miriámetros. Pero Newton suponia el paralaje del Sol de 12″. Calculando con el verdadero paralaje determinado por Enke, segun los pasos de Vénus, á saber, 8″, 57,116, la distancia recorrida resulta mayor de lo que Newton habia supuesto, y se hallan 47,232 millas geográficas ó 35,048 miriámetros: es decir una velocidad muy fuerte, mientras que era muy débil hace un momento. Un hecho muy notable, que por lo demás se ha escapado á Delambre (*Hist. de la Astronomia moderna*, t. II, p. 653), es que los 7′ 30″ asignados por Newton al tiempo que la luz tarda en llegar del Sol á la Tierra, se acercan mucho á la verdad; el error es solamente de 47″, mientras que los demás astrónomos adoptaban evaluaciones completamente exageradas. Despues del descubrimiento de Rœmer, en 1675, hasta el principio del siglo XVIII, estas evaluaciones han oscilado entre 11m y 14m 10s. Sin duda la de Newton estaba basada sobre observaciones inglesas mas recientes del primer satélite. La primera memoria en la cual Rœmer, discípulo de Picard, ha consignado su descubrimiento, data del 22 Noviembre 1675. Habia descubierto, por 40 inmersiones y emersiones de los satélites de Júpiter, «un retardo de luz de 22 minutos para el intervalo que es doble del que existe desde aquí al Sol» (*Memorias de la Acad.*, 1666-1699, t. X, 1730, p. 400). Cassini no negó el hecho del retardo; pero puso en duda el valor indicado, por la razon, completamente errónea por lo demás, de que cada satélite da un resultado diferente. Diez y siete años despues que Rœmer salió de París, Du-Hamel, secretario de la Academia, admitia de 10 á 11 minutos refiriéndose en todo á Rœmer (*Regiæ Scientiarum Academiæ Historia*, 1698, p. 145); pero sabemos, por Pedro Horrebow (*Basis Astronomiæ sive triduum Ramerianum*, 1735, p. 122-129), que Rœmer queria publicar en 1704, seis años antes de su muerte, una obra sobre la velocidad de la luz, y que sostenia firmemente su primer número de 11m. Lo mismo sucede con Huyghens (*Tract. de Lumine*, c. I, p. 7). Cassini procede de otra manera: halla 7m 5s para el primer satélite, 14m 12s para el segundo, y admite, en sus tablas, 14m 10s *pro peragrando diametri semissi*. El error iba pues aumentando (V. Horrebow, *Triduum*, p. 129; Cassini, *Hipótesis y Satélites de Júpiter* en las *Mem. de la*

Acad., 1666-1699, t. VII, p. 435 y 475; Delambre, *Hist, de la Astron. mod.*, t. II, p. 751 y 782; Du Hamel, *Fisica*, p. 435.

(39) Pág. 72.—Delambre, *Hist. de la Astron. mod.* t. II, p. 653.

(40) Pág. 72.—*Reduction of Bradley's observations at Kew and Wansted*, 1836, p. 22; Schumacher's *Astron. Nachr*, t. XIII, 1836, n.° 309; *Miscellaneous Works and Correspondence of the Rev. James Bradley* by prof. Rigaud, Oxford, 1832. Para las teorías de la aberracion basadas sobre la hipótesis de las ondulaciones del éter, V. Doppler, en los *Abhandl. der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften*, 5.ª série, t. III, p. 745-765. Hé aquí un hecho capital para la historia de los grandes descubrimientos astronómicos. Mas de medio siglo antes de que Brandley hubiese descubierto la esplicacion y la ley de la aberracion de las fijas, Picard habia observado muy probablemente desde 1667, que las declinaciones de la Polar presentaban una variacion periódica de cerca de 20'', «de la cual no podian dar cuenta el paralaje ni la refraccion, y que parecia sufrir cambios muy regulares de una estacion á otra». Delambre, (*Hist. de la Astron. mod.*, t. II, p. 616). Picard estaba pues en el camino que debia conducir al descubrimiento de la velocidad de la luz directa, aun antes de que su discípulo Rœmer hubiese dado á conocer la velocidad de la luz reflejada.

(41) Pág. 72.—Schumacher's *Astron. Nachr.*, t. XXI, 1844, n.° 484; Struve, *Estudios de Astron. estelar*, p. 103 y 107. (V. tambien *Cosmos*, t. I, p. 139). En el *Anuario* para 1842, p. 287, la velocidad de la luz está evaluada en 30,800 miriámetros (77,000 leguas de 4,000 metros por segundo). Esta evaluacion es la que se acerca mas á la de Struve. La velocidad determinada en el observatorio de Pulkova es, en efecto, de 30,831 miriámetros. En cuanto á la diferencia, supuesta por un momento, entre la velocidad de la luz de la Polar y de su compañera, y á las dudas que Struve mismo ha manifestado con motivo de sus primeras conclusiones, V. Mædler, *Astronomia*, 1849, p. 393. Guillermo Richardson ha dado una evaluacion mayor para el tiempo que la luz emplea en llegar del Sol á la Tierra; da 8' 19'', 28, de donde resulta una velocidad de 30,737 miriámetros por segundo. (*Mem. of the Astron. Society*, t. IV, 1.ª parte, p. 68).

(42) Pág. 73.—Fizeau ha espresado su resultado en leguas de 25 al grado del meridiano, es decir, de 4,444m,44; la velocidad seria de 70,948 de estas leguas (*Memorias*, t. XXIX, p. 92). En Moigno, *Répert. de Optica moderna*, 3.ª parte, p. 1162, el resultado indicado es de 70,843

leguas de 25 al grado; es el que mas se acerca al de Brandley segun las reducciones de Busch.

(43) Pág. 74.—«Segun la teoría matemática en el sistema de las ondas, los rayos de diferentes colores, los rayos cuyas ondulaciones son desiguales, deben no obstante propagarse en el Eter con la misma velocidad. No existe diferencia á éste respecto entre la propagacion de las ondas sonoras, las cuales se propagan en el aire con la misma rapidez. Esta igualdad de propagacion de las ondas sonoras está bien establecida esperimentalmente por la similitud de efecto que produce una música oida á gran distancia del sitio en que se toca. La principal dificultad, la única dificultad que se ha opuesto al sistema de las ondas, consiste, pues, en esplicar cómo la velocidad de propagacion de los rayos de diferentes colores en cuerpos diferentes podia ser desemejante y servir para dar cuenta de la desigualdad de refraccion de estos rayos ó de la dispersion. Se ha demostrado recientemente que esta dificultad no es insuperable; que se puede constituir el Eter en los cuerpos desigualmente densos, de manera que los rayos de ondulaciones desemejantes se propaguen en él con velocidades desiguales: queda por determinar si las concepciones de los geómetras respecto de este asunto están conformes con la naturaleza de las cosas. Hé aquí las amplitudes de las ondulaciones deducidas experimentalmente de una série de hechos relativos á las interferencias:

Violado.	0mm,000423
Amarillo..	0mm,000551
Rojo..	0mm,000620

La velocidad de trasmision de los rayos de diferentes colores en los espacios celestes es la misma en el sistema de las ondas, y por completo independiente de la estension ó de la velocidad de las ondulaciones.» Arago, *Manuscrito* de 1849. V. tambien la *Astron. popul.*, t. I, p. 405-408.—Las longitudes de ondas del Eter y su velocidad de vibracion determinan los caractéres de los rayos luminosos. Para los rayos mas refrangibles (el violado), el número de ondulaciones es de 662 billones por segundo. Los rayos rojos ejecutan vibraciones mas lentas y de una amplitud mayor; el número de las vibraciones es de 451 billones por segundo.

(44) Pág. 74.—He probado, hace ya muchos años, por observaciones directas, que los rayos de las estrellas hácia las cuales camina la Tierra, y los rayos de las estrellas de las cuales la Tierra se aleja, se refractan exactamente en igual cantidad. Tal resultado no puede conciliarse *con la teoria de la emision*, sino con la ayuda de una adicion importante á esta teoría: es preciso admitir que los cuerpos luminosos emiten rayos de todas velocidades, y que solo los rayos de una velocidad determinada son

visibles, que solo ellos producen en el ojo la sensacion de luz. En la teoría de la emision, el rojo, el amarillo, el verde, el azul, el violado solares, están acompañados respectivamente de rayos parecidos, pero oscuros por falta ó por esceso de velocidad. A mayor velocidad corresponde menor refraccion, como menos velocidad acarrea una refraccion mayor. De suerte que cada rayo rojo visible está acompañado de rayos oscuros de la misma naturaleza, que se refractan los unos mas y los otros menos que él: así de este modo *existen rayos en las estrías negras* de la parte roja del espectro; lo mismo debe admitirse en las estrías situadas en las partes amarillas, verdes, azules y violadas.» Arago, *Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XVI, 1843, p. 404. V. tambien t. VIII, 1839, p. 326, y Poisson, *Tratado de mecánica*, 2.ª ed. 1833, t. 1, § 168. Segun las miras propias á la teoría de las ondulaciones, los astros emiten rayos de luz en los cuales las velocidades de oscilaciones trasversales presentan una variedad infinita.

(45) Pág. 75.—Wheatstone en las *Philos. Transact. of the Royal Society for* 1834, p. 589 y 591. Segun las investigaciones descritas en esta memoria (p. 591), parece que el ojo es capaz de apreciar impresiones luminosas «cuya duracion no esceda de un millonésimo de segundo.» Acerca de la hipótesis, mencionada en el testo, segun la cual la luz polar tendria analogía con la luz del Sol, V. Juan Herschell, *Results of Astron. Observ. at the Cape of Good Hope*, 1847, p. 351. Arago ha hecho mencion en las *Memorias*, t. VII, 1838, p. 956, de un aparato rotatorio de Wheatstone, perfeccionado por Bréguet, que se proponia emplear para decidir entre la teoría de emision y de las ondulaciones, partiendo del hecho de que en la primera hipótesis la luz debe caminar mas lentamente en el aire que en el agua, mientras que en la segunda debe suceder lo contrario (*Memorias* para 1850, t. XXX, p. 489-495 y 556).

(46) Pág. 76.—Steinheil, en las *Astron. Nachr.*, num. 679 (1849), p. 97-100; Walker, en los *Proceedings of the American Philosophical Society*, t. V, p. 128. (V. las proposiciones mas antiguas de Pouillet en las *Memorias*, t. XIX, p. 1386.) Investigaciones ingeniosas y aun mas modernas de Mitchell, director del Observatorio de Cincinnati (Gould's *Astr. journal*, déc. 1849, p. 3: On the velocity of the electr. wave), y de Fizeau y Gounelle, en París, en abril de 1850, se alejan á la vez de los resultados de Wheatstone y de los de Walker. Las esperanzas mencionadas en las *Memorias*, t. XXX, p. 439, revelan diferencias sorprendentes entre los conductores de distinta naturaleza, tales como el hierro y el cobre.

(47) Pág. 76.—V. Pooggendorff, en sus *Annalen*, t. LXXIII, 1848, p. 337, y Pouillet, *Memorias*, t. XXX, p. 501.

(48) Pág. 76.—Riess, en los *Poggend. Ann.*, t. 78, p. 337.—Acerca del papel de conductor reusado á la parte del globo terrestre interpuesta, V. las importantes investigaciones de Guillemin *Sobre la corriente en una pila aislada y sin comunicacion entre los polos*, en las *Memorias*, t. XXIX, p. 521. «Cuando se reemplaza un hilo por la tierra en los telégrafos eléctricos, la tierra sirve mas que de medio de union, de receptáculo comun entre las dos estremidades del hilo.»

(49) Pág. 77.—Mædler, *Astron.*, p. 380. Laplace, segun Moigno, *Repertorio de Optica moderna*, 1847, t. I, p. 72: «Segun la teoría de la emision, créese poder demostrar que si el diámetro de una estrella fija fuese 250 veces mayor que el del Sol, y quedando igual su densidad, la atraccion ejercida en su superficie destruiria la cantidad de movimiento de la molécula luminosa emitida, de suerte que seria invisible á grandes distancias.» Pero si se atribuye, con Guillermo Herschell, un diámetro aparente de 0'',1 á Arturo, resulta de ello que el diámetro real de esta estrella es 11 veces solamente mayor que el del Sol (*Cosmos*, t. I, p. 123 y 382 n.º 99). Seria preciso, por lo demás, que la velocidad de la luz variase con la magnitud de los astros que la emiten, lo cual no está confirmado en modo alguno por la observacion. Arago dice en las *Memorias*, t. VIII, p. 326: «Los esperimentos sobre la igual desviacion prismática de las estrellas hácia las cuales camina la Tierra ó de las cuales se aleja, da cuenta de la desigualdad de velocidad aparente de los rayos de todas las estrellas.»

(50) Pág. 78.—Eratóstenes, *Catasterismi*, ed. Schaubach, 1795, y *Eratosthénica*, ed. God. Bernhardy, 1822, p. 110-116. En esta descripcion distínguense las estrellas en λαμπροί (μεγάλοι) y en αμαυροί (c. 2, 11, 41.) Tal es tambien la division adoptada por Tolomeo. En cuanto á las estrellas que él llama ἀμὀρφωτοι, son aquellas que no pertenecen á ninguna constelacion.

(51) Pág. 79.—Tolomeo, *Almagestas*, ed. Halma, t. II, p. 40. Léese tambien en los *Catasterismi* de Eratósthenes, c. 22, p. 18: ἡ δέ κεφαλή καὶ ἡ ἅρκη ἄναπτος ὁρᾶται, διὰ δὲ νεφελώδους συστροφῆς δοκεῖ τισιν ὁρᾶθαι Igualmente en Gémino. *Phœn.*, ed. Hilder, 1590, p. 46.

(52) Pág. 80.—*Cosmos*, t. II, p. 319 y 474, núm. 63.

(53) Pág. 80.—Muhamedis Alfragani, *Chronologica et Astron. Elementa*, 1590, cap. xxiv, p. 118.

(54) Pág. 80.—Hállase en ciertos manuscritos del Almagestas la indicacion de estos órdenes de magnitudes intermediarias, porque varias

designaciones de magnitud, están acompañadas de las palabras μείζων y ἐλάσσων (*Cod. Paris.*, núm. 2389). Ticho espresaba estas magnitudes intermediarias por puntos.

(55) Pág. 81.—Juan Herschell, *Outlines of Astron.*, p. 520-527.

(56) Pág. 81.—Se trata del sextante de espejos empleado para determinar el brillo relativo de las estrellas; yo me he servido de él, bajo los trópicos, mucho mas frecuentemente que de los diafragmas, que no obstante me habian sido recomendados por Borda. Empecé este trabajo bajo el bello cielo de Cumana, y lo continué mas tarde, en el hemisferio austral hasta 1803. Pero entonces no eran ya tan favorables las circunstancias, por mas que yo estuviese colocado sobre las mesetas de los Andes y en las costas del mar del Sur, cerca de Guayaquil. En la escala arbitraria que yo me habia construido, tenia representado por 100 á Sirio, la mas brillante de todas las estrellas; las de primera magnitud variaban de 100 á 80; las de segunda, de 80 á 60; las de tercera, de 60 á 45; las de cuarta, de 45 á 30; y por último, las estrellas de quinta magnitud se hallaban comprendidas entre los números 30 y 20 de mi escala. Revisé principalmente las constelaciones de la Nave y de la Grulla, en donde creia poder hallar cambios sobrevenidos despues de la época de La Caille. Combinando con cuidado mis diversas evaluaciones, y multiplicando los términos de comparacion, me pareció que el brillo de Sirio sobrepujaba al de Canopea, en la misma relacion que el brillo de α del Centauro sobrepuja al de Achernar. La escala arbitraria de que me he servido se opone á que puedan compararse inmediatamente mis resultados con los que Juan Herschell tiene publicados desde 1838. V. mi *Coleccion de Observ. Astron.*, t. I, p. LXXI, y mi *Relac. hist. del Viaje á las Regiones equinocc.*, t. I, p. 518 y 624. V. tambien la *Carta de Humboldt á Schumacher*, en febrero de 1839, en las *Astron. Nachr.*, núm. 374. Dicese en esta carta: «Arago, que posee medios fotométricos enteramente diferentes de los que hasta aquí se han publicado, me tranquilizó respecto de la parte de los errores que podian provenir del cambio de inclinacion de un espejo azogado en la cara interior. Censura por lo demás el principio de mi método, y lo mira como poco susceptible de perfeccionamiento, no solo á causa de la diferencia de los ángulos entre la estrella vista directamente y la que está atraida por reflexion, sino sobre todo porque el resultado de la medida de intensidad depende de la parte del ojo que se encuentra en frente del ocular. Hay en ello error cuando la pupila no está muy exactamente á la altura del límite inferior de la parte no azogada del espejo pequeño.»

(57) Pág. 81.—V. Steinheil, *Elemente der Helligkeits-Mesurgen am Ster-*

nenhimmel, Munich, 1836 (Schumacher's *Astron. Nachr.*, núm. 609), y J. Herschell, ***Results of astronomical Observations made during the years* 1834-1838, *At the Cape of Good Hope***, Lond., 1847, p. 353-357. En 1846, Seidel ha determinado, con el fotómetro de Steinheil, la cantidad de luz de varias estrellas de primera magnitud que se elevan á una altura suficiente en nuestros climas, tomando á Vega por unidad, y halla los resultados siguientes:

Sirio.	5,13
Rigel.	1,30
Vega.	1,00
Arturo.	0,84
La Cabra.	0,83
Procion.	0,71
La Espiga.	0,49
Atair.	0,40
Aldebaran..	0,36
Deneb.	0,35
Régulo.	0,34
Pollux..	0,30

El brillo de Rigel parece ir en aumento y Beteigeuse falta en el cuadro, porque es variable; su variabilidad se ha manifestado principalmente entre los años 1836 y 1839 (*Outlines*, p. 543).

(58) Pág. 82.—V. acerca de las bases numéricas de los resultados fotométricos, 4 tablas de Juan Herschell que se hallan en las *Observations at the Cape*, p. 341, 367-371 y 440, y en las *Outlines of Astron.*, p. 522-525 y 645-646. Puédese consultar para una simple série de estrellas clasificadas en el órden de sus brillos relativos, pero sin indicaciones numéricas, el ***Manual of scient. Enquiry prepared for the use of the R. Navy***, 1849, p. 12.

(59) Pág. 82.—Argelander, *Durchmusterung des nördl. Himmels* zwischen 45° und 80° Decl., 1846, p. xxiv-xxvi; Juan Herschell, *Observations at the Cape*, p. 327, 340 y 365.

(60) Pág. 83.—J. Herschell, *idem*, p. 304, y *Outlines*, p. 522.

(61) Pág. 83.—*Philos. Transact.*, t. LVII, for the year 1767, p. 234.

(62) Pág. 83.—Wollaston, en las *Philos. Transact.*, for 1829, p. 27; Herschell, *Outlines*, p. 553. La comparacion hecha por Wollaston, entre la luz del Sol y la de la Luna, data de 1799; está basada sobre las sombras proyectadas por la luz de las bujías, mientras que en las investiga-

ciones de 1826 y 1827, sobre el Sol y Sirio, se ha recurrido á imágenes formadas por reflexion sobre una bola de cristal. Las primeras comparaciones fotométricas entre el Sol y la Luna difieren mucho de los resultados que tengo aquí citados. Fundándose en cálculos teóricos, Michell y Euler habian hallado 450,000 y 374,000. Segun las medidas operadas con las sombras de la llama de las bujías, Bouguer descubrió tan solo 300,000. Lambert afirma que Vénus, en su brillo máximo, es todavía 3,000 veces mas débil que la Luna llena. Segun Steinheil, necesitaria estar el Sol 3.286,500 veces mas lejano de lo que está realmente, para que su brillo apareciese reducido para nosotros al de Arturo (Struve, *Stellarum compositarum Mensuræ microsmeticæ*, p. CLXIII); y el brillo aparente de Arturo, al decir de Juan Herschell, es tan solo la mitad del de Canopea (Herschell, *Observ. at the Cape*, p. 34). Todas estas relaciones fotométricas, y sobre todo la importante comparacion de la luz del Sol con la luz cenicienta la Luna, tan variable segun las posiciones de nuestro satélite con relacion, al cuerpo iluminante, la Tierra, merecen bien ser objeto de investigaciones definitivas y mas profundas.

(63) Pág. 83.—*Outlines of Astron.*, p. 553; *Astron. Observ. at the Cape*, p. 363.

(64) Pág. 84.—G. Herschell, *on the Nature of the Sun and Fixed Stars*, en las *Philos. Transact.* for 1795, p. 62, y *on the Changes that happen to the Fixed Stars*, en las *Philos. Transact.* for 1796, p. 186. V. tambien Juan Herschell, *Observ. at the Cape*, p. 350-352.

(65) Pág. 84.—Estracto de una carta de Arago á Humboldt (mayo 1850).

1.° *Medidas fotométricas.*

«No existe fotómetro propiamente dicho, esto es, un instrumento que represente la intensidad de una luz aislada; el fotómetro de Leslie, con ayuda del cual tuvo la audacia de querer comparar la luz de la Luna á la luz del Sol, por acciones caloríficas, es completamente defectuoso. He esperimentado, en efecto, que este pretendido fotómetro sube, cuando se le espone á la luz del Sol, que baja la accion de la luz del fuego ordinario, y que queda completamente estacionario cuando recibe la luz de una lámpara de Argand. Todo lo que se ha podido conseguir hasta aquí, ha sido comparar entre sí dos luces en presencia una de otra, y ni aun esta comparacion está tampoco al abrigo de toda objecíon, sino cuando se reducen estas dos luces á la igualdad por un debilitamiento gradual de la luz mas fuerte. Como criterio de esta igualdad es como yo he empleado los anillos coloreados. Si se coloean uno sobre otro dos lentes de largo foco,

se forman alrededor de su punto de contacto anillos coloreados tanto por via de reflexion como por via de trasmision. Los anillos reflejados son complementarios en color de los anillos trasmitidos; estas dos séries de anillos se neutralizan mútuamente cuando las dos luces que la forman y que llegan simultáneamente sobre los dos lentes son iguales entre sí.

»En el caso contrario, se ven señales ó de anillos reflejados ó de anillos trasmitidos, segun que la luz que forma los primeros es mas fuerte ó mas débil que la luz á que se deben los segundos. Tan solo en este sentido es como los anillos coloreados representan un papel en las medidas de la luz á que me he dedicado.»

2.° *Cianómetro.*

«Mi Cianómetro es una estension de mi Polaríscopo. Este último instrumento, como tú sabes, se compone de un tubo cerrado en una de sus estremidades por una placa de cristal de roca perpendicular al eje, de 5 milímetros de espesor, y de un prisma dotado de doble refraccion, colocado en el sitio del ojo. Entre los variados colores que da este aparato cuando luz polarizada lo atraviesa, y se hace girar al prisma sobre sí mismo, se encuentra, por una feliz coincidencia, el matiz del azul celeste. Este color azul muy debilitado, es decir, muy mezclado con blanco, cuando la luz es casi néutra, aumenta en intensidad progresivamente, á medida que los rayos que penetran en el instrumento contienen una mayor proporcion de rayos polarizados.

»Supongamos, pues. que el Polaríscopo está dirigido á una hoja de papel blanco; que entre esta hoja y la lámina de cristal de roca se encuentra una pila de placas de cristal susceptibles de cambiar de inclinacion, lo cual hará á la luz que ilumina el papel mas ó menos polarizada, el color azul suministrado por el instrumento va en aumento con la inclinacion de la pila, y hay que detenerse cuando este color parece el mismo que el de la region de la atmósfera cuyo tinte cianometrico se quiere determinar, y que se mira inmediatamente á simple vista al lado del instrumento. La medida de este matiz se obtiene por la inclinacion de la pila. Si esta última parte del instrumento se compone del mismo número de placas y de la misma clase de cristal, las observaciones hechas en diferentes lugares serán perfectamente comparables entre sí.»

(66) Pág. 85.—Argelander, *de Fide Uranometriæ Bayeri*, p. 14-23. «In eadem classe littera prior majorem splendorem nullo modo indicat.» (§ 9). Las designaciones de Bayer no prueban, pues, que Cástor haya sido en 1603 mas brillante que Polux.

(67) Pág. 94.—*Cosmos*, t. III, p. 38.

(68) Pág. 95.—*Cosmos*, t. I, p. 161 y 395, núm. 44.

(69) Pág. 96.—On the space-penetrating power of telescopes, en Juan Herschell, *Outlines of Astron.*, § 803.

(70). Pág. 97.—No podria condensar en una sola nota todas las razones en que están fundadas las miras de Argelander. Me bastará dar aquí un estracto de su correspondencia conmigo.

«Hace algunos años (en 1843), habiais invitado al capitan Schwinck á determinar, con arreglo á su *Mappa cœlestis*, el número de todas las estrellas que la bóveda celeste nos presenta, desde la 1.ª á la 7.ª magnitud inclusive. En el espacio comprendido entre—30° y el polo Norte, él ha hallado 12.148 estrellas; por consiguiente, si suponemos que la acumulacion sea igual en el resto del Cielo, es decir, desde—30° hasta el polo Sur, se contarán 16.200 estrellas de estas diversas magnitudes en todo el firmamento. Esta evaluacion me parece muy cerca de la verdad. Sábese que limitándose á considerar las estrellas en masa, cada órden de magnitud contiene tres veces mas estrellas que el órden precedente (Struve, *Catalogus Stellarum duplicium*, p. XXXIV; Argelander, *Bonner Zonen*, p. XXVI). Eso supuesto, yo he determinado en mi *Uranométria*, 1.441 estrellas de 6.ª magnitud al Norte del Ecuador: dedúcese de aquí que habria unas 3.000 de ellas en todo el Cielo. Pero las estrellas de 6-7.ª magnitud no se hallan aquí comprendidas, y, no obstante, cuando no se quiere llevar cuenta mas que de órdenes enteros, seria preciso añadir las estrellas de 6-7.ª magnitud á la de 6.ª Yo creo que se puede hacer subir su número á 1.000, y que es preciso contar desde entonces 4.000 estrellas de 6.ª magnitud. La regla anterior dara, pues, 12.000 estrellas del órden siguiente, es decir, de 7.ª magnitud, y 18 000 estrellas desde la 1.ª á la 7.ª magnitud inclusives. Yo me acerco todavía mas al número dado por Schwinck empleando otras consideraciones sobre el número de estrellas de 7.ª mognitud que he registrado en mis zonas. He observado 2.251 de ellas; pero es preciso tener en cuenta, bien entendido, aquellas que han sido observadas mas de una vez y las que se me han escapado probablemente (p. XXVI). Procediendo así, deduzco que deben existir 2.340 estrellas de 7.ª magnitud desde el 45° hasta el 80° de declinacion boreal, y cerca de 17.000 en todo el Cielo.—En la *Descripcion del Observatorio de Pulkova*, p. 268, Struve hace subir á 13.400 el número de estrellas de los siete primeros órdenes que se hallan comprendidas entre el—15°+90°, es decir, en la region revisada por él; de aquí resultaria un número de 21.300 para todo el Cielo. En el prefacio del *Catal. e zonis Regiomontanis ded.*, p. XXXII, Struve halla de—15° á + 15°, empleando el cálculo de las probabilidades, 3.903 para el número de estrellas de 1.ª á 7.ª magnitud, y, por consiguiente, 15.050 para todo el Cielo.

Este último número es muy pequeño, porque Bessel atribuia á las hermosas estrellas magnitudes mas débiles que yo; la diferencia es como de media magnitud. No se trata aquí mas que de obtener una evaluacion media, y á mi juicio, se puede adoptar el número de 18.000 para las estrellas de 1.ª á 7.ª magnitud. En el pasaje de *Outlines of Astronom y* que me citais, Juan Herschell no habla mas que de las estrellas ya catalogadas: The whole nunmber of stars already registered down to the seventh magnitude, inclusive, amouting to from 12.000 to 15.000. En cuanto á las estrellas mas débiles de 8.ª y de 9.ª magnitud, Struve ha contado en la zona de — 15° á + 15°: 10.557 estrellas de 8.ª magnitud, y 37.739 de 9.ª; por consecuencia, habrá en todo el Cielo 40.800 estrellas de 8.ª y 145 800 estrellas de 9.ª magnitud. Segun esto, hallaríamos, de la 1.ª á la 9 ª magnitud inclusives, 15.100 + 40.800 + 145.800 = 201.700 estrellas. Struve ha llegado á estas evaluaciones, comparando con cuidado zonas ó parte de zonas que responden á regiones análogas en el Cielo, y tomando siempre por guia una sana teoría de las probabilidades. Se trataba, con efecto, en estas investigaciones de deducir el número de estrellas que existen realmente en el Cielo, teniendo en cuenta las estrellas que han sido varias veces observadas y reproducidas en diferentes zonas, y las que no han sido en él determinadas mas que una sola vez. Sus cálculos merecen seguramente gran confianza, porque están basados sobre números considerables.—El conjunto de las zonas de Bessel, comprendidas entre — 15° y + 45°, contiene unas 61.000, deducidas las estrellas observadas varias veces y las estrellas de 19-0ª magnitud. De aquí se puede deducir 101.500 estrellas próximamente para esta parte del Cielo, si se tiene en cuenta el número probable de las que han escapado á la observacion. Mis zonas se estienden de + 45° á + 80°; ellas comprenden próximamente 22.000 estrellas *(Durchmusterung des nördl Himmels*, p. xxv); es preciso rebajar de estas una 3.000 de 9-10.ª magnitud; quedan 19.000. Ahora bien; mis zonas son un poco mas ricas que las de Bessel: yo creo, pues, no deber suponer mas de 38.500 estrellas realmente existentes entre los límites de + 45° y de + 80°. Tendremos así 130.000 estrellas hasta la 9.ª magnitud entre — 15° y + 80° Esta última zona forma las 0,62181 del Cielo entero, tendremos pues, guarda la proporcion, 20.900 estrellas en todo el firmamento. Es poco mas ó menos el número de Struve; el nuestro es aun sensiblemente mas fuerte en realidad, porque Struve ha contado la estrella de 9-10ª magnitud con las estrellas de 9.ª magnitud.—Los números que me parecen admisibles para los diferentes órdenes de magnitudes, desde la 1.ª á la 9.ª inclusives, seria pues: 20, 65, 190, 425, 1.100, 3.200, 13.000, 40.000, 142.000, que forman una suma de 200.000: tal es el número de estrellas comprendidas entre la 1.ª y la 9.ª magnitud.—Me objetais que Lalande *(Hist. cèleste*, p. iv) hace subir á 6.000 el número de

estrellas perceptibles á simple vista observadas por él. Respecto á esto, yo hago notar que hay entre ese número muchas estrellas observadas mas de dos veces; escluyéndolas quedan 3.800 estrellas para la region estudiada por Lalande y comprendida entre — 26° 30' y + 90°. Constituyendo esta region los 0,72310 de todo el Cielo, hállase por una sencilla proporcion que debe haber en él 5.255 estrellas perceptibles á simple vista en suma. Una revision de la *Uranografia* de Bode (17.240 estrellas), compuesta, como se sabe de materiales muy poco homogéneos, no dá mas de 5.600 estrellas de 1.ª á 6.ª magnitud cuando se elimina de ellas de 6-7.ª que se han elevado indudablemente á la 6.ª magnitud. Por último, cálculos semejantes verificados en las estrellas de 1.ª á 6.ª magnitud, observadas por La Caille entre el polo Sud y el trópico de Capricornio, dan por resultado dos límites, 3.960 y 5.900, entre los cuales debe hallarse comprendido el número de estrellas visibles en todo el Cielo. Todos estos resultados están, pues, referidos á los numeros medios de que os habia dado cuenta. Estareis convencido de la diligencia con que he procurado cumplir vuestros deseos sujetando estos números á una profunda investigacion. Séame permitido añadir que el profesor Heis en Aquisgran se dedica hace muchos años á la revision cuidadosa de mi *Uranometria*. Por las partes ya concluidas de este trabajo, y las adiciones considerables que un habil observador ha hecho á esta obra, encuentro 2.836 estrellas de 1.ª á 6.ª magnitud inclusive, para el hemisferio boreal. Supongamos que las estrellas están repartidas igualmente en los dos hemisferios: existirian todavía 5.672 estrellas perceptibles á simple vista, cuando fuera esta privilegiada.» (Estracto de los Manuscritos de Argelander, Marzo de 1850).

(71) Pág. 97.—Schubert cuenta 7.000 estrellas hasta la 6.ª magnitud (casi el número que he dado en el primer tomo del *Cosmos*, p. 135) y mas de 5.000 correspondientes a la parte del Cielo visible en el horizonte de Paris. Cuenta 70.000 estrellas hasta la 8.ª magnitud para todo el Cielo (*Astronomia*, 3.ª parte, p. 54). Esos números son muy exagerados. Argelander halla solo 58.000 estrellas desde la 1.ª á la 8.ª magnitud.

(72) Pág. 98.—Patrocinatur vastitas cœli, inmensa discreta altitudine in duo atque septuaginta signa. Hæc sunt rerum et animantium effigies, in quas digessere cœlum periti. In his quidem mille sexcentas adnotavere stellas, insignes videlicet effectu visuve... (Plinio II, 41).—Hipparchus nunquam satis laudatus, ut quo nemo magis approbaverit cognationem cum homine siderum animasque nostras partem esse cœli, novam stellam et aliam in ævo sno genitam deprehendit, ejusque motu, qua die fulsit, ad dubitationem est adductus, anne hoc sæpius fieret moverenturque et eæ quas putamus affixas; itemque ausus rem etiam Deo impro-

bam, adnumerare posteris stellas ac sidera ad nomen expungere, organis excogitatis, per quæ singularum loca atque magnitudines signaret, ut facile discerni posset ex eo, non modo an obirent nascerenturve, sed an omnino aliqua transirent moverenturve, item an crescerent minuerenturque, cœlo in hereditate cunctis relicto, si quisquam qui cretionem eam caperet inventus esset (Plinio, II, 26).

(73) Pág. 99.—Delambre, *Hist. de la Astron. ant.*, t. I, p. 290, é *Hist. de la Astron. mod.*, t. II, p. 186.

(74) Pág. 99.—*Outlines*, § 831; Eduardo Biot sobre las estrellas estraordinarias observadas en China, en el *Conocimiento del os Tiempos*, para 1846.

(75) Pág. 99.—Arato tuvo la dicha singular de ser alabado casi al mismo tiempo por Ovidio *(Amor.*, I, 15) y por el apóstol San Pablo, en Atenas, en una Epístola contra los epicúreos y los estóicos *(Act. Apost.*, cap. 17, v. 28). San Pablo no cita el nombre de Arato; pero recuerda sin género de duda un verso de dicho poeta *(Phœn*, v. 5), acerca del íntimo lazo que une á los mortales con la divinidad.

(76) Pág. 99.—Ideler, *Untersuch, über den Ursprung der Sternnamen*, p. xxx-xxxv. Baily examina tambien á qué años de nuestra era se refieren las observaciones de Aristilo, como los catálogos de Hiparco (128 y no 140 antes de J.-C.) y de Tolomeo (138 despues de J.-C. *Mem. of the Astron. Soc.*, t. XIII, 1843, p. 12 y 15.

(77) Pág. 100.—V. Delambre, *Hist. de la Astron. ant.*, t. I, p. 184; t. II, p. 260. Es poco verosímil que Hiparco que señala siempre las estrellas por sus ascensiones rectas y sus declinaciones, usára como Tolomeo de las longitudes y latitudes en su catálogo. Esta opinion se refuta en el *Almagestas* (l. VII, c. 4), en el cual las coordenadas eclípticas están señaladas como una novedad que facilita la inteligencia del movimiento de las estrellas alrededor del polo de la eclíptica. El catálogo de estrellas con las *longitudes* á la vista, que Pedro Victorio encontró en un manuscrito de la biblioteca de los Médicis y que publicó en Florencia en 1567, con la vida de Arato, se atribuyó ciertamente á Hiparco, por Victorio mismo, pero sin pruebas en que fundarse. Este cuadro parece ser una simple copia del catálogo de Tolomeo, hecha sobre un antiguo manuscrito del Almagestas, en el cual quedan de lado todas las *latitudes*. Como Tolomeo poseia solo una evaluacion imperfecta de la precesion de los equinoccios (la suponia demasiado lenta: próximamente $^{28}{}_{,100}$, *Almag.* VII, c. 2, p. 13, ed. Halma), resulta que su catálogo en lugar de cor-

responder como Tolomeo queria al principio del reinado de Antonino, pertenece en realidad á una época mas adelantada, á saber al año 63 despues de J. C. (Ideler, *Untersuchungen ueber die Sternnamen*, p. XXXIV). V. tambien las consideraciones y las tablas auxiliares que Encke ha publicado en las *Astron. Nachr.* de Schumacher, n.° 608, p. 113-126, para facilitar el cálculo de la referencia de las posiciones modernas de las estrellas á la época de Hiparco. Por lo demás, el tiempo para el que, el catálogo de Tolomeo representa el estado del Cielo, sin conciencia del autor, coincide muy probablemente con aquella á que pueden referirse los Catasterismos del Pseudo-Eratóstenes. En otra parte he hecho notar que los Catasterismos son posteriores á Higinio, contemporáneo de Augusto. Parece como que han sido tomados de este último, y que no tienen relacion alguna con el poema de *Hermes* del verdadero Eratóstenes (*Eratosthénica*, compos. God. Bernhardy, 1822, 114, 116 y 129). Por lo demás esos Catasterismos contienen apenas 700 estrellas, repartidas entre las diferentes constelaciones.

(78) Pág. 101.—*Cosmos*, t. II, p. 221 y 425, n.° 10 y 11. La Biblioteca de Paris contiene un manuscrito de las *Tablas Ilkhaninas*, escrito de puño y letra del hijo de Nasir-Eddin. Su nombre viene del título de *Ilkhan* llevado por los príncipes tártaros que reinaron en Persia. Reinaud, *Introd. de la Geogr. de Abulfeda*, 1848, p. CXXXIX.

(79) Pág. 101.—Sedillot hijo, *Prologómenos de las Tablas astrón. de Ulugh-Beg*, 1847, p. CXXXIV, nota 2: Delambre, *Hist. de la Astron. de la Edad Media*, p. 8.

(80) Pág. 101.—En mis investigaciones acerca del valor relativo de las posiciones geográficas en el Asia central (*Asia central*, t. III, p. 581-596) ,he dado las latitudes de Samarcanda y de Bokkara, segun los manuscritos árabes y persas de la Biblioteca de Paris. Creo haber probado que la primera escede de 39° 52', mientras que los mejores manuscritos de Ulugh-Beg dan 39° 37'; el *Kitab-al-atual* de Alfarés y el *Kanun* de Albiruni asignan tambien 40° para la latitud de Samarcanda. Debo hacer notar aquí de nuevo cuán importante seria para la geografía y para la historia de la Astronomía, determinar por último la longitud y la latitud de Samarcanda por repetidas observaciones dignas de confianza. Conocemos la latitud de Bokhara por las observaciones de Burnes; y es de 39°, 43' 41''. Los errores de los dos bellos manuscritos árabes y persas de la Biblioteca de París (n.° 164 y n.° 2,460) son pues únicamente de 7 á 8'; mientras que el Mayor Rennell, tan feliz ordinariamente en sus combiciones, se equivocó en 19' en la latitud de Bokhara (Humboldt,

Asia central, t. III, p. 592, y Sédillot en los *Proleg. de Ulugh-Beg* p. CXXIII-CXXV).

(81) Pág. 102.—*Cosmos*, t. II, p. 283-285, y Humboldt, *Exámen crit. de la hist. de la Geogr.*, t. IV, p. 321-336; t. V, p. 226-238.

(82) Pág. 102.—Carpani, *Paralipómenon*, l. VIII, c. 10. (Opp., t. IX, ed. Lugd., 1663, p. 508).

(83) Pág. 103.—*Cosmos*, t. I, p. 74.

(84) Pág. 104.—Baily, *Catal. of those Stars in the Histoire céleste de Jerome de Lalande, for which tables of reduction to the epoch* 1800 *have been published by prof. Schumacher*, 1847, p. 1195. Respecto de los progresos que debe la Astronomía á la perfeccion de los catálogos de estrellas, véanse las consideraciones de Juan Herschell en el *Catal. of the British Association*, 1845, p. 4, § 10. V. tambien sobre las estrellas *perdidas*, Schumacher, *Astron. Nachr.*, n.º 624, y Bode, *Jahrbuch* für 1817, p. 249.

(85) Pág. 105.—*Memoirs of the Royal Astron. Soc.*, t. XIII, 1843, p. 33 y 168.

(86) Pág. 105.—Bessel, *Fundamenta Astronomiæ* pro anno 1755, deducta ex observationibus viri incomparibilis James Bradley in Specula astronomica Grenovicensi, 1818. V. tambien Bessel, *Tabulæ Regiomontanæ, reductionum observationum astronomicarum, ab anno* 1750 *usque ad annum* 1850 *computatæ*, 1830.

(87) Pág. 105.—Reuno aqui en una sola nota las indicaciones relativas á la riqueza de los catálagos estelares. Al nombre del observador acompaña el número de las posiciones de estrellas determinadas por él. La Caille, 9,766 estrellas australes, hasta la 7.ª magnitud inclusive, reducidas á 1,750 por Henderson. Ese gran trabajo fué llevado á efecto por La Caille en menos de diez meses, de 1751 á 1752, por medio de un anteojo que tenia solo un aumento de 8 veces. Tobias Mayer, 998 estrellas, para 1,756; Flamsteed, 2,866 aumentadas en 564 por los cuidados de Baily (*Mem. of the Astron. Soc.*, t. IV, p. 129-164). Bradley, 3,222 reducidas á 1,755 por Bessel. Pond., 1,112. Piazzi, 7,646 en 1,800. Tomás Brisbane y Rümker, 7,385 estrellas australes observadas en la Nueva-Holanda en los años 1822-1828. Airy, 2,156 estrellas reducidas á 1,845. Rümker, 12,000 en Hamburgo. Argelander (catál. de Abo), 560. Taylor, 11,015 en Madrás. El *British Association Catalogue of Stars*, 1845, calculado bajo la direccion de Baily, contiene 8,377 estrellas desde la 1.ª hasta la 7.-8.ª magnitud. Poseemos además para el cielo austral,

los ricos catálogos de Henderson, de Fallows, de Maclear, en el Cabo, y de Johnson, Santa Elena.

(88) Pág. 106.—Weisse, *Positiones mediæ stellarum fixarum in Zonis Regiomontanis a Besselio inter* — 15° *et* + 15° *decl. observatorum* ad annum 1825 reductæ (1846), con un importante prefacio de Struve.

(89) Pág. 106.—Encke. *Gedächtnissrede auf Bessel*, p. 13.

(90) Pág. 107.—V. Struve, *Estudios de Astron. estelar*, 1847, p. 66 y 72; *Cosmos*, t. I, p. 135; Mædler, *Astron.*, 4.ª ed., p. 417.

(91) Pág. 109.—*Cosmos*, t. II, p. 196 y 407, n.° 11.

(92) Pág. 109.—Ideler, *Untersuch. über die Sternnamen*, p. XI, 47, 139, 144 y 243: Letronne, *Sobre el origen del Zodiaco griego*, 1840, p. 25.

(93) Pág. 110.—Letronne, *idem*, p. 25, y Carteron, *Análisis de las Investigaciones de Letronne sobre las representaciones zodiacales*, 1843, p. 119. «Es muy dudoso que Eudoxio (*Ol.* 103) haya empleado jamás la palabra ζωδιακός. Encuentráse por primera vez en Euclides y en el Comentario de Hiparco sobre Arato (*Ol.* 160). El nombre de eclíptica, ἐκλειπτικός, es tambien muy moderno». (V. Martin, en su Comentario acerca de Teon de Esmirna. *Liber de Astronomia*, 1849, p. 50 y 60).

(94) Pág. 110.—Letronne, *Orig. del Zod.*, p. 25 y *Análisis crit. de las Repres. zod.*, 1846, p. 15. Ideler y Lepsio tienen tambien por seguro «que el zodiaco caldeo con sus divisiones y su nombre, fué introducido en Grecia desde el siglo VII antes de nuestra era; pero que las constelaciones zodiacales propiamente dichas tuvieron acceso mas tarde y sucesivamente en su literatura astronómica». (Lepsio, *Chronologie der Ægipter*, 1849, p. 65 y 124). Ideler se inclina á creer que los Orientales tenian nombres, pero no constelaciones en las dodecatemórias. Lepsio encuentra natural «que los Griegos, en una época en que la mayor parte de su esfera estaba vácía, adoptasen las constelaciones caldeas cuyos nombres llevan las 12 divisiones del Zodiaco. ¿Pero, no podria preguntarse segun esta hipótesis por qué los Griegos no tuvieron desde un principio mas que 11 signos y cómo se esplica que no tomaran las 12 constelaciones caldeas á la vez? Si desde un principio hubieran tenido los 12 signos, fuera inútil restar uno para restablecerlo á seguida pasado algun tiempo.

(95) Pág. 111.—Acerca de un pasaje intercalado por un copista en el testo de Hiparco, véase Letronne, *Orig. del Zod.*, 1840, p. 20. Desde 1812, época en que tenia la persuasion de que los Griegos habian debido

conocer muy de antiguo el signo de Libra, he recogido y discutido cuidadosamente todos los pasajes de los escritores de la antigüedad griega ó romana, en los cuales la Constelacion de Libra se representa como un signo del zodiaco. Habia marcado, en este trabajo, el pasaje de Hiparco *(Comment. in Aratum*, l. III, c. 2), en el cual se cita el θηριον (del Centáuro al pié de delante). Tampoco habia olvidado el notable pasaje del Almagestas, l. IX, c. 7 (Halma, t. II, p. 170), en el cual traslada Tolomeo una observacion que seguramente no se hizo en Babilonia, sino por astrólogos caldeos dispersos por Siria ó Alejandría: para designar la Libra emplea las palabras κατὰ χᾶλδαίους en oposicion á las garras del Escorpion (*Vista de las Cordilleras y Monumentos de los pueblos indigenas de la América*, t. II, p. 380). Buttmann pretendia, contra toda verosimilitud, que las χηλαί designaban originariamente los dos platillos de Libra y que habian sido consideradas mas adelante erróneamente como formando las garras del Escorpion (V. Ideler, *Untersuch. über die astron. Beobacht der Alten*, p. 374 y *über die Sternnamen*, p. 174-177; Carteron, *Investigaciones de Letronne*, p. 113). Sea de esto lo que quiera, sábese cuanta analogía presentan ciertos nombres de las 27 casillas de la Luna, con los nombres de las 12 casillas del Sol en el Zodíaco. Encontré con sorpresa el signo de Libra entre las Nakschatras ó casillas de la Luna de los Indios, cuya gran antigüedad no podria comprobarse. (*Vistas de las Cordilleras*, t. II, p. 6-12.)

(96) Pág. 112.—Vease A. W. de Schlegel, *über Sternbilder des Tierkreises im alten Indien*, en la *Zeitschrift für die Kunde des Morgenlandes*, t. I, 3.er libro, 1837, y *Commentatio de Zodiaci antiquitate et origine*, 1839; y Adolfo Holtzman, *über den griechischen Ursprung des indischen Thierkreises*, 1841, p. 9, 16 y 23. Léese en esta última obra: «Los pasajes estractados del Amarakoscha y del Ramayana no dan lugar á ningun género de duda: hablan del Zodiaco mismo en términos muy claros. Pero si es cierto que las obras á que pertenecen esos pasajes fueron compuestas antes de que los indios pudieran tener conocimiento del zodiaco de los Griegos, queda todavía por examinar, si esos pasajes tendrian ó nó adiciones posteriores.»

(97) Pág. 112.—Véase Buttmann, en el *Berliner astron. Jahrbuch* für 1822, p. 93; Olbers, sobre las constelaciones mas recientes en el Schumacher's *Jahrbuch* für 1840, p. 238-251, y Juan Herschell, *Revision and Re-arrangement of the Constellations*, with special reference to those of the Southern Hemisphere, en las *Memoirs of the Astron. Soc.*, t. XII, p. 201-224 (con un cuadro muy exacto de las estrellas australes colocadas por órden de magnitud desde la 1.ª hasta la 4.ª) A propósito de la discusion que Lalande sostuvo decididamente con Bode en defensa de sus constelaciones del Gato doméstico y del Custos segetum *(Meseguero)*, Olbers

hace notar que «para colocar en el Cielo á los *Honores de Federico* (constelacion imaginada por Bode), ha tenido Andrómeda que retirar su brazo del sitio que ocupaba hacia 3,000 años.»

(98) Pág. 112.—*Cosmos*, t. III, p. 27.

(99) Pág. 113.—Segun Demócrito y su discípulo Metrodoro; véase Stobee, *Egloga fisica*, p. 582.

(100) Pág. 113.—Plutarco, *de Placit. Phil.*, II, 11; Diog. Laërtes, VIII, 77; Aquiles Tacio *ad Arat.*, c. 5: Εμπ. κρυσταλλώδη τοῦτον (τὸν ὀυρανὸν) εἰφῆσιν, ἐκ τοῦ μαγνέθους συλλέντα: tambien se encuentra solamente el epíteto de *cristaloide* en Diog. Laërtes, VIII, 77 y en Galeno, *Hist. fil.* 12 (Sturz, *Empedocles Agrigent.*, t. I, p. 321). Léese en Lactancio, *de opificio Dei*; c. 17: «An, si mihi quispiam dixerit *aeneum* esse cœlum an *vitreum*, aut, ut Empedocles ait aërem *glaciatum*, statimne assentiar, quia cœlum ex qua materia sit, ignorem?» En cuanto á ese *cœlum vitreum* no han dejado los Griegos testimonio alguno mas antiguo que ese pasaje. Solo un astro, el Sol, ha sido llamado por Filolao, *cuerpo vitreo* que recibe y refleja hácia nosotros los rayos del fuego central. La opinion de Empedocles referida en el testo, sobre la Luna *redonda en forma de granizo*, y reflejando la luz del Sol, ha sido mencionada por Plutarco (*de facie in orbe Lunæ*, cap. 5). V. Eusebio, *Præp. Evangel.*, I, p. 24 D. Si en Homero y en Pindaro llamase al Cielo χάλκεος y σιδήρεος, tales espresiones no tienen mas valor que el de las de *corazon de bronce* ó *voz de bronce*, é indican únicamente lo sólido, lo durable, lo imperecedero (Vœlcker, *über Homerische Geographie*, 1830, p. 5). La palabra κρύσταλλος empleada para designar el cristal de roca trasparente como el hielo, hállase no solamente en Plinio, sino antes de él en Dionisio el Periegeto, 781, en Eliano y en Strabon, XV, p. 717, Casaub. Es imposible que los antiguos adquirieran la idea de asimilar su cielo de cristal, á una bóveda de hielo (aër glaciatus de Lactancio), en el conocimiento del decrecimiento de la temperatura de las capas atmosféricas. A pesar de las escursiones á los paises montañosos, y el aspecto de las cimas cubiertas de nieves eternas, representábanse sobre la atmósfera propiamente dicha, la region del éter ígneo y de las estrellas á las que atribuian tambien un calor propio (Aristóteles, *Meteorol.*, I, 3; *de Cœlo*, II, 7, p. 289).—Despues de haber hablado (*de Cœlo*, II, p. 290) de los sonidos celestes «que no oyen los hombres, segun los pitagóricos, porque son continuados, y porque los sonidos para poder ser apreciados deben ser interrumpidos por silencios», Aristóteles sostiene una tésis opuesta pero tambien muy singular. Admite que las esferas celestes calientan, por sus movimientos, el aire colocado debajo, sin calentarse ellas mismas. De esta manera no habria produc-

cion de sonidos, sino produccion de calor. «El movimiento de la esfera de los fijos es el mas rápido (Aristóteles, *de Cœlo*, II, 10, p. 291): mientras que esta esfera se mueve circularmente con los cuerpos que le están adheridos, los espacios colocados inmediatamente debajo, se calientan estraordinariamente, á causa de los movimientos de las esferas, y el calor asi engendrado se propaga hácia abajo hasta la Tierra» (*Meteorol.*, I, 3, p. 340). Siempre me ha sorprendido el cuidado que el Estagirita pone en evitar la palabra *cielo de cristal*: su espresion de *ἐνδεδεμένα ἄστρα*, *astros fijos*, se refiere á la concepcion de una esfera sólida, pero sin especificar nada acerca de la especie de materia de que está formada. Ciceron mismo no dice mas acerca de este punto; únicamente su comentador Macrobio (*in Cicer. Somnium Scipionis*, I, c. 20, p. 99, ed. Bip.) aventura algunas ideas mas atrevidas acerca del decrecimiento de la temperatura con la altura. Segun él, las zonas estremas del Cielo gozan de un frio eterno. «Ita enim non solum terram sed ipsum quoque cœlum, quod vere mundus vocatur, temperari a sole certissimum est, ut extremitates ejus, quæ a via solis longissime recesserunt, omni careant beneficio caloris et una frigoris perpetuitate torpescant.» Esas estremidades cœli, en donde el obispo de Hippona (*San Agustin*, ed. Antv., 1700, I, p. 102, y III, p. 99) colocaba una region de agua helada cercana á Saturno, el planeta mas elevado y por lo tanto el mas frio, son siempre consideradas como formando parte de la atmósfera: porque solo fuera de esos límites estremos es adonde se encuentra el éter ígneo (*Macrobio*, I, c. 19, p. 93). Por una singularidad, de la que no es fácil darse cuenta, este éter ígneo no impide que reine el frio eternamente en la region vecina. «Stellæ, supra cœlum locatæ, in ipso purissimo æthere sunt, in quo omne, quidquid est, lux naturalis et sua est (la region de los astros que tienen luz propia), quæ tota cum igne suo ita sphæræ solis incumbit, ut cœli zonæ, quæ procul a sole sunt, perpetuo frigore oppressæ sint.» He creido deber desarrollar aquí de una manera detallada la conexion de las ideas físicas y meteorológicas de los Griegos y de los Romanos, porque á escepcion de los trabajos de Ukert, de Enrique Martin, y los escelentes fragmentos sobre la *Meteorologia Veterum* de J. Ideler, apenas si se habia indicado hasta aquí este asunto.

(1) Pág. 114.—Que el fuego tenga la fuerza de determinar la solidificacion (Aristóteles, *Probl.* XIV, II), que la congelacion misma pueda ser determinada por el calor, opiniones son estas profundamente arraigadas en la física de los antiguos. Descansan, en último análisis, en una brillante teoría de los contrarios (Antiperistasis), en un oscuro presentimiento de la polaridad, manifestada en estados ó cualidades opuestas de una misma materia. V. *Cosmos*, t. III, p. 14. El granizo se forma con tanta mayor abundancia, cuanto mas *calientes* son las capas de aire (Aristóteles,

Meteor. 1, 12). Durante la pesca de invierno en las costas del Ponto-Euxino se empleaba el agua *caliente* para que aumentara el hielo alrededor de los tubos plantados en el fondo del mar. (Alejandro de Afrodisia, fol 86, y Plutarco, *de primo frigido*, c. 12).

(2) Pág. 115.—Keplero dice terminantemente (*Stella Martis*, fol. 9): Solidos orbes rejeci: y (*Stella Nova*, 1606, cap. 2, p. 8): Planeta in puro æthere, perinde atque aves in aere cursos suos conficiunt (V. tambien p. 122). Pero habia empezado por admitir una esfera sólida y formada de hielo: Orbis ex aqua factus gelu concreta proptu solis abrantiam (Keplero *Epit. Astron. Copern.*, t. 2, p. 51). Veinte siglos antes de Keplero sostenia ya Empédocles que las estrellas estaban fijas á un cielo de cris; tal, pero que «los planetas estaban libres é independientes» (ἰοὺς δὲ πλανητας αγειδθαι): V. Plutarco, *de Plac. Philos*, II, 13: Emped. l. p. 335, ed. Sturz-Eusebio, *Præp. evang.*, XV, 30, col. 1688, p. 339. Es difícil comprender como Platon (pero no Aristóteles) puede atribuir un movimiento de *rotacion* á las estrellas, suponiendo que estén fijadas á un orbe sólido (*Timeo*, p. 40, B).

(3) Pág. 115.—*Cosmos*, t. II, p. 304 y 468, núm. 38.

(4) Pág. 115.—*Cosmos*, t. III, p. 48.

(5) Pág. 115.—«Las causas principales de la vista indistinta son: aberracion de esferoicidad del ojo, difraccion en los estremos de la pupila, comunicacion de irritabilidad en puntos próximos de la retina. La vista confusa es aquella en la cual el foco no cae precisamente sobre la retina, sino delante ó detrás de la retina. Las colas de las estrellas son el efecto de la vision indistinta, en tanto que depende de la constitucion del cristalino. Segun una memoria muy antigua de Hassenfratz (1809), «las colas que en número de 4 ú 8 ofrecen las estrellas ó una bugia vista á 25 metros de distancia, son los cáusticos del cristalino formados por la interseccion de los rayos refractados.» Esos causticos se mueven á medida que inclinamos la cabeza. La propiedad del anteojo de terminar la imágen hace que concentre en un pequeño espacio la luz que sin esto ocuparia un espacio mayor. Esto es verdad para las estrellas fijas y para los discos de los planetas. La luz de las estrellas que no tienen discos reales conserva la misma intensidad, cualquiera que sea el aumento. El fondo del aire del cual se destaca la estrella en el anteojo se hace mas negro por el aumento que dilata las moléculas del aire que abraza el campo del anteojo. Los planetas de discos verdaderos llegan tambien á palidecer por este efecto de dilatacion. Cuando la pintura focal es clara, cuando los rayos que parten de un *punto* del objeto se concentran en *un solo punto*

en la imágen, el ocular da resultados satisfactorios. Si por el contrario, los rayos que emanan de un punto no se reunen en el foco en un solo punto, si forman en él un *pequeño círculo*, las imágenes de los dos puntos contiguos del objeto caen necesariamente la una sobre la otra: sus rayos se confunden. El lente ocular no podria hacer desaparecer esta confusion. El oficio que desempeña esclusivamente es el de aumentar: aumenta todo lo que pertenece á la imágen, los defectos como lo demas. Careciendo las estrellas de diámetros angulares sensibles, los que conservan siempre dependen en su mayor parte de la falta de perfeccion de los instrumentos (de la curvatura menos regular dada á las dos caras del lente objetivo) y de algunos defectos y aberraciones de nuestra vista. Cuanto mas pequeña parece una estrella, siendo en un todo igual respecto al diámetro del objetivo, al aumento empleado y al brillo de la estrella observada, tanta mayor perfeccion tiene el lente. Ahora bien, el medio mejor de juzgar si las estrellas son muy pequeñas, si hay puntos representados en el foco por simples puntos, es evidentemente el de dirigir una visual á estrellas escesivamente aproximadas entre sí, y ver si en las estrellas dobles conocidas se confunden las imágenes, si caen una sobre otra, ó tambien si se las distingue con claridad separadas.» (Arago, *Manuscritos* de 1834 y de 1847).

(6) Pág. 116.—Hassenfratz, *Sobre los rayos divergentes de las estrellas* en Delamétherie, *Diario de Fisica*, t. LXIX, 1809, p. 324.

(7) Pág. 116.—Horapollinis Niloi *Hieroglyphica*, ed. Conr. Leemans, 1835, c. 13, p. 20. El sábio editor recuerda (p. 194) combatiendo la opinion de Sommard (*Descripc. del Egipto*, t. VII, p. 423) que todavía no se ha encontrado la estrella como símbolo del núm. 5 ni en los monumentos ni en los papiros.

(8) Pág. 116.—Cuando yo navegaba por el mar del Sud á bordo de navíos españoles, descubrí entre los marineros la creencia de que para determinar el tiempo de la Luna antes del primer cuadrante, bastaba mirarla á través de un tejido de seda, y contar las imágenes múltiples que se distinguen así. Este seria allá un fenómeno de difraccion reticular.

(9) Pág. 117.—*Outlines*, § 816. Arago ha hecho crecer el falso disco de Aldébaran desde 4'' hasta 15'' reduciendo cada vez mas la abertura del objetivo.

(10) Pág. 117.—Delambre, *Hist. de la astron. mod.*, t. I, p. 193. Arago, *Astron. popul.*, t. I, p. 366.

(11) Pág. 117.—«Minute and very close companions the severest tests

wich can be, applied to a telescope.» *Outlines*, § 837. V. tambien Juan Herschell, *Viaje al cabo*, p. 29, y Arago en la *Astron. popul.*, t. I, p. 484-487. Hé aquí los satélites que pueden servir de ejemplo para los instrumentos ópticos de aumentos considerables: el 1.º y el 4.º satélite de Urano, vueltos á ver en 1847, por Lassell y Otto Struve: el 1.º, 2.º y 7.º satélite de Saturno (Mimas, Encelado é Hiperion descubierto por Bond); el sátélite de Neptuno descubierto por Lasell. La idea de penetrar en las profundidades del Cielo, indujo á Bacon en un pasaje en que dirige á Galileo elocuentes alabanzas, atribuyéndole la invencion de los anteojos, á tomar como término de comparacion los barcos que llevan á los navegantes á un Océano desconocido, «ut propiora exercere possint cum cœlestibus commercia;» *Works of Francis Bacon*, 1740, t. I, *Novum Organon*, p. 361.

(12) Pág. 118.—«La espresion ὑπόκιρρος, de la cual usa Tolomeo en su catálogo, y la aplica uniformemente á las seis estrellas que cita por su color, indica un pequeño grado de coloracion intermedia entre el amarillo y el rojo de fuego. Significa exactamente un matiz débil del rojo de fuego. En cuanto á las demas estrellas, Tolomeo les atribuye de un modo general el epíteto de ξανθός, rubio ardiente. (*Almag.*, VIII, 3, ed. Halma, t. II, p. 94). Segun Galiano (*Meth. med.*, 12) κιρρός significa color rojo de fuego pálido, con tendencias al amarillo. Aulu-Gelle compara esta palabra con *melinus*, cuyo sentido es, segun Servio, idéntico al de *gilvus* y de *fulvus*. Séneca cita á Sirio (*Natur. Quæst.*, I, 1) como *mas rojo que Marte;* esta estrella es por otra parte del número de las que el Almagestas llama ὑπόκιρροι. No cabe duda alguna de que esta última palabra indica el predominio, ó cuando menos una cierta proporcion de rayos rojos en la luz de esta estrella. Háse dicho que Ciceron habia traducido por *rutilus* el adjetivo ποικίλος que Arato aplicó á Sirio. (v. 327); pero esta asercion es errónea. Ciceron dice, v. 348:

Namque pedes subter rutilo cum lumine claret
Ferdivus ille Canis stellarum luce refulgens;

pero *rutilo cum lumine* no es tampoco la traduccion de la palabra ποικίλος; es sencillamente una adicion del traductor.» (Estracto de las cartas del profesor Franz.) «Si sustituyendo *rutilus*, dice Arago, al término griego de Arato, el orador romano renuncia de intento á la fidelidad, es preciso suponer que él mismo habia reconocido las propiedades rutilantes de la luz de Sirio.» (*Anuario* para 1842, p. 351.)

(13) Pág. 118.—Cleomedes, *Cycl. Theor.*, l. II, p. 59.

(14) Pág. 118.—Mædler, *Astron.*, 1849, p. 391.

(15) Pág. 119.—Herschell en el *Edinb. Review*, t. 87, 1848, p. 189, y en las *Astron. Nachr.* de Schumacher, 1839, núm. 372: «It seems much more likely that in Sirius a red colour should be the effect of a medium interfered, than that in te sort space of 2.000 years so vast a body should have actually undergone such a material change in its physical constitution. It may be supposed the existence of some sort of *cosmical cloudiness*, subject to internal movements, depending on causes of which we are ignorant.» (Arago, en el *Anuario* para 1842, p. 350-353).

(16) Pág. 119.—En los *Muhamedis Alfragani chronologica et astronomica elementa*, ed. Jacobus Christmannus, 1590, c. 22, p. 97, se encuentra: «Stella ruffa in Tauro Aldebaran; stella ruffa *in Geminis* quæ appellatur *Haeok*, hoc est Capra.» Ahora bien, *Alhajoc*, *Aijuk* son las designaciones habituales de la Cabra, en las traducciones árabes del Almagestas y tambien en las traducciones latinas hechas sobre testos árabes. Argelander observa con razon, respecto de esto, que Tolomeo en una obra astrológica (Τετράβιβλος σύνταξις) cuya autenticidad establecen el estilo y testimonios mas antiguos, ha comparado las estrellas con los planetas relativamente á la coloracion, y de esta manera aproxima la Cabra *Aurigæ stella* á la *Martis stella*, quæ urit sicut congruit igneo ipsius colori. Tolomeo, *Quadripart. construct.* libri IV, Basil, 1551, p. 383. Tambien Riccioli coloca la Cabra entre las estrellas rojas, al lado de Antarés, Aldebaran y de Arturo. (*Almagestum novum*, ed. 1650, t. I, parte I, l. 6, c. 2, p. 394.)

(17) Pág. 120.—Véase *Chronologie des Ægypter* por Ricardo Lepsio, t. I, 1849, p. 190-195 y 213. El calendario egipcio, con la suma de sus disposiciones, se estableció 3285 años antes de nuestra era, es decir, siglo y medio antes próximamente de la ereccion de la gran pirámide de Cheops-Chufu, y 940 antes de la fecha asignada de ordinario al diluvio (*Cosmos*, t. II, p. 381). Sábese por las medidas del coronel Wyse, que la galería subterránea muy estrecha que da entrada al interior de la pirámide está inclinada casi en 26° 15′ exactos, y que la direccion de esta galería corresponde tambien á la altura que α del Dragon, estrella polar en tiempo de Cheops, tenia entonces en Gizeh cuando su culminacion inferior. Pero los cálculos relativos á esta circunstancia suponen para la época de la construccion de la pirámide, el año 3970 antes de J.-C. (*Outlines of Astron.*, § 319), y no 3430 como hemos admitido en el *Cosmos*, segun Lepsio. Por lo demas, esta diferencia de 540 años se opone tanto menos á que α del Dragon haya podido ser tomada como estrella

polar, cuanto que su distancia al polo en el año 3970 no era aun mas que de 3° 44′.

(18) Pág. 120.—Estracto lo que sigue de la correspondencia amistosa del profesor Lepsio (Febrero de 1850). «El nombre egipcio de Sirio es *Sothis;* de esta manera se le designa como astro femenino. De aqui viene el griego ἡ Σῶθις, idéntico con la diosa *Sote* (frecuentemente *Sit* en la lengua geroglífica), y con Ipsis-Sothis, en el templo de Ramsés el Grande en Tebas (Lepsio *Chronol. der Ægypter*, t. I, p. 119 y 136). La significacion de la raiz se vuelve á encontrar en la lengua copta que presenta una numerosa familia de palabras del misma orígen, cuyos diferentes miembros ofrecen en verdad muchas divergencias, pudiéndoselos reunir y ordenar como sigue. Por una triple derivacion del sentido primitivo de *proyectar*, *projicere* (sagittam, telum) se encuentra: 1.° sembrar, seminare; luego extendere, estender, estirar, tender una cuerda; por último, y es lo que importa mas aquí, *irradiar la luz* y *brillar* como las estrellas y el fuego. Pueden hacerse entrar en la misma série de ideas, los nombres de las divinidades: *Satis* (que arroja rayos) *Sothis*, (que irradia) y *Seth* (que quema). Puede deducirse todavía de los geroglíficos *sit* ó *seti*, la flecha y tambien el rayo; *seta*, hilar; *setu*, simientes esparcidas. *Shotis* indica principalmente el astro *radioso* que arregla las estaciones y los períodos de tiempo. El pequeño triángulo, siempre pintado de amarillo, que es un signo simbólico de Sothis, toma una significacion notable cuando se halla reproducido muchas veces en un cierto órden (sobre tres líneas que emergen de la parte inferior del disco solar); es entonces la representacion del *Sol radiante*. *Seth* es el Dios del fuego, el destructor. Contrasta con *Satis*, diosa hembra, símbolo del Nilo fecundante, que impregna de una humedad cálida las simientes. *Satis* es la Diosa de las Cataratas, porque cuando aparece Sothis en el cielo, hácia el solsticio de verano, empiezan á hincharse las aguas del Nilo. Vettius Valens da á la misma estrella el nombre de Σήθ en lugar de *Sothis*; lo cierto es que no hay posibilidad de identificar como pretende Ideler (*Handbuch der Chronol.*, t. I, p. 126), Thot con Seth ó Sothis: no hay analogía alguna entre esos nombres, ni por el fondo ni por la forma. (Lepsio, t. I, p. 136).

Despues de estos orígenes egipcios he aqui las etimologías deducidas del griego, del zend y del sanscrito «Σείρ, *el Sol*, dice el profesor Franz, es un radical muy antiguo que no difiere mas que por la pronuciacion de θέρ, θέρος, *el calor*, *el estio*, en el cual se produjo una alteracion, como en el pasaje de τεῖρος á τέρος ó τέρας. Para demostrar la exactitud de la relacion que acaba de indicarse entre los radicales σείρ y θέρ, θέρος, podemos citar no solamente el epíteto de θερείτατος en Arato, v. 149 (Ideler, *Sternnamen*, p. 241), sino que tambien el empleo de derivaciones posteriores al radical

σείρ, á saber, las formas σειρός, σείριος, σειρινός, *cálido, abrasador*. Es con efecto muy significativo que σειρινὰ ἱμάτια se haya usado tambien como θερινὰ ἱμάτια, ligeras vestiduras del estío. Pero la forma σείριος debia resultar dominante; y ha formado el adjetivo aplicado á todos los astros á los cuales se atribuia influencia sobre el calor estival. Por esta razon el poeta Arquiloco llama al Sol σείριος ἀστήρ, é Ibico designa á los astros por la denominacion general de σείρια, *los brillantes*. Es imposible, por ejemplo, dudar que se trata del Sol en este verso de Arquiloco: πολλοὺς μὲν αὐτοῦ σειριος καταυανεῖ ὀξὺς ἐλλάμπων. Segun Hésiquio y Suidas, el término Σείριος designa á la vez al Sol y á Sirio. No sucede lo mismo segun Tzetzès y Proclo, en un pasaje de Hesiodo (*Opera et Dies*, v. 417) en el cual está designado el Sol pero no la estrella del Perro; yo participo en un todo de la opinion que emite respecto de este asunto el editor de Teon de Esmirna, H. Martin. Del adjetivo σείριος, que está establecido como una especie de *epithethon perpetuum* para la estrella del Perro, viene el verbo σειριᾶν que puede traducirse por *centellear*. Arato, v. 331, dice de Sirio: ὀξέα σειριάει, *centellea vivamente*. La palabra Σειρήν, *Sirena*, tiene una etimología muy diferente; y con razon habia pensado que no tiene mas analogía que una semejanza de suyo casual con el nombre de la estrella del Perro. El error está de parte de los que quieren segun Teon de Esmirna (*Liber de Astronomia*, 1840, p. 202), hacer derivar Σειρήν de σειριάζειν; esta última palabra no seria por lo demas sino una forma inverosímil del verbo σειριᾶν. Mientras que σείριος espresa el calor y la luz en movimiento, la palabra Σειρήν se deriva de una raiz que se refiere á los sonidos contínuos al murmullo, producido por ciertos fenómenos naturales. Creo, en efecto, que Σειρήν se une á εἴρειν (Platon, *Cratyl*. 398 D. τὸ γὰρ εἴρειν λέγειν εστί) cuya aspiracion, fuerte en un principio, debió ser reemplazada por el silbido de la Σ. (Estracto de las cartas del profesor Franz, Enero 1850).

«El griego Σείρ, el Sol, se deduce fácilmente, segun Bopp, de la palabra sanscrita *svar*, que en verdad no designa el *Sol*, sino mas bien el *Cielo*, en razon á su brillo. La designacion ordinaria del Sol en sanscrito es *sûrya*, forma contraida del inusitado *svârya*. El radical *svar* significa en general *brillar*, *iluminar*. El nombre zend del Sol es *hvare*, con una *h* en lugar de la *s*. En cuanto á las formas griegas θέρ, θέρος y θερμός, proceden del sanscrito *gharma*, (nom. *gharmas*), calor.»

El sábio editor del *Rigveda*, Max Müller, hace observar que «el nombre astronómico de la estrella del Perro entre los Indios es *Lubdhaka*, *el cazador*. Ahora bien, la proximidad de Orion hace pensar en que para los pueblos *arios*, esas dos constelaciones debian tener originariamente una relacion mútua.» Por lo demas, Müller hace derivar «Σείριος de la palabra *sira* de los Vedas (de donde el adjetivo *sairya*) y de la raiz *sri*, ir, marchar: de esta suerte el Sol y Sirio hánse llamado primitivamente

estrellas errantes.» (V. tambien Pott, *Etymologische Forschungen*, 1833, p. 130).

(19) Pág. 120.—Struve, *Stellarum compositarum Mensuræ micrometricæ*, 837, p. LXXIV y LXXXIII.

(20) Pág. 121.—Juan Herschell, *Viaje al Cabo*, p. 34.

(21) Pág. 121.—Mædler, *Astronomia*, p. 436.

(22) Pág. 121.—*Cosmos*, t. II, p. 319 y 474 núm. 63.

(23) Pág. 121.—Arago, *Astron. popul.*, t. I, p. 460.

(24) Pág. 122.—Struve, *Stellar comp.*, p. LXXXII.

(25) Pág. 122.—Juan Herschell, *Viaje al Cabo*, p. 17 y 102 (*Nebulæ and Clusters*, núm. 3.435).

(26) Pág. 122.—Humboldt, *Vista de las Cordilleras y Monumentos de los pueblos indigenas de la América*, t. II, p. 55.

(27) Pág. 122.—Julii Firmici Materni, *Astron.*, libri VIII, Basil. 1551, lib. VI, cap. 1.°, p. 150.

(28) Pág. 122.—Lepsio, *Chron. der Ægypter*, t. I, p. 143. «El testo hebreo cita: *Asch*, el gigante (Orion?), la constelacion de numerosas estrellas (las Pléyadas?) y las Cámaras del Sud. Los Septantes traducen: ὁ ποιῶν Πλειάδα καί Εσπερον καὶ Αρκτοῦρον καὶ ταμιεῖα νότου.

(29) Pág. 123.—Ideler, *Sternnamen*, p. 295.

(30) Pág. 123.—Marciano Capella cambia el Ptolomeon en Ptolomæus; esos dos nombres habian sido imaginados por los aduladores de la córte de Egipto. Américo Vespucio creia haber visto tres Canopeas, una de las cuales estaba enteramente oscura (fosco); Canopus ingens et niger, dice la traduccion latina. Tratábase sin duda de uno de los sacos de Carbon (Humboldt, *Examen crit. de la Geogr.*, t. V, p. 227-229). En la obra citada anteriormente, *Elem. Chronol. et Astron.* de El-Fergani (p. 100), se lee que los peregrinos cristianos acostumbraban á dar al *Sohel* de los Arabes (Canopus) el nombre de *estrella de Santa Catalina*, porque se regocijaban de verla y de guiarse por ella para ir de Gaza al monte Sinaí. Segun la epopeya mas remota de la antigüedad india, el *Ramayana*, las estrellas próximas al polo austral son de creacion mas reciente que las estrellas del Norte. Un magnífico episodio de ese poema antiguo da de-

esto una razon bien estraña. Cuando los Indios brahammánicos penetraron en la península del Ganges, abandonando las regiones situadas á los 30° de latitud Norte, para invadir, dirigiéndose hácia el Sud-Este, las regiones tropicales cuya conquista llevaron á cabo, vieron elevarse en el horizonte nuevos astros á medida que avanzaban hácia la isla de Ceylan. De estos astros hicieron segun sus costumbres antiguas, constelaciones nuevas; pero mas adelante la tradicion transformó atrevidamente esas constelaciones en una *creacion nueva* de Visvamitra, «que quiso esceder en su obra al esplendor del cielo boreal.» (A. G. de Schlegel en la *Zeitschrif für die Kunde des Morgenlandes*, t. I, p. 240). Evidentemente ese viejo mito ha sido inspirado por la sorpresa que los pueblos debieron esperimentar en sus emigraciones, viendo regiones celestes completamente nuevas para ellos. Pero el aspecto de los cielos no varía únicamente para los viajeros, de los cuales decia un célebre poeta español, Garcilaso de la Vega: mudan de país y de estrellas. Si las tradiciones locales de ciertos pueblos fijos al suelo podian remontarse muy alto, nadie duda que dejarán de conservar algunos rasgos de variaciones de otro género. Las estrellas se acercan á nosotros y se alejan en seguida en virtud de la precesion: las constelaciones desaparecen poco á poco, mientras que viendo elevarse lentamente sobre el horizonte estrellas brillantes antes invisibles, tales como las de los pies del Centauro, de la Cruz del Sud, de el Eridan ó de la Nave. He recordado en ótra parte que 2900 años antes de nuestra era, la Cruz del Sud brillaba sobre el horizonte de Berlin y se elevaba entonces á 7° de altura. Esos 29 siglos no nos llevan á una época históricamente atrasada, porque las grandes pirámides existian ya cinco siglos antes. (*Cosmos*, t. I, p. 134; t. II, p. 287). Pero jamás Canopea fué visible en Berlin, porque su distancia al polo de la ecliptica no escede de 14°; bastaria un grado mas para que esta estrella hubiera podido llegar á nuestro horizonte.

(31) Pág. 123.—*Cosmos*, t. II, p. 166.

(32) Pág. 123.—Olbers en el *Jahrbuch* für 1840 de Schumacher, p. 249, y *Cosmos*, t. III, p. 102.

(33) Pág. 124.—Struve, *Estudios de Astron. estelar*, nota 74, p. 31.

(34) Pág. 124.—*Outlines of Astron.*, § 785.

(35) Pág. 125.—*Outlines of Astron.*, § 795 y 796; Struve, *Estudios de Astron. estelar*, p. 66-73 y nota 75.

(36) Pág. 126.—Struve, p. 59. Schwinck encuentra en sus mapas:

de	0° á	90° de AR.	2858	estrellas.
de	90 á	180	3011	—
de	180 á	270	2688	—
de	270 á	360	3591	—

La suma es de 12.148 estrellas hasta la 7.ª magnitud.

(37) Pág. 126.—Véase acerca de *El Circulo nebuloso*, que se encuentra en el puño de la espada de Perseo, Eratóstenes, *Cataster*, c. 22, p. 51, ed. Shaubach.

(38) Pág. 126.—Juan Herschell, *Viaje al Cabo*, § 105, p. 156.

(39) Pág. 127.—*Outlines*, § 864-869, p. 591-596; Mædler, *Astron.* p. 764.

(40) Pág. 127.—*Viaje al Cabo* § 29, p. 19.

(41) Pág. 127.—«A stupendous object, a most magnificent *globular* cluster, dice Juan Herschell, *completely insulated*, upon a ground of the sky perfectly *black* throughout the whole breadth of the sweep.» *Viaje al Cabo*, p. 18 y 51, Lám. III, fig. 1.ª; *Outlines*, § 895, p. 615.

(42) Pág. 128.—Bond. en las *Memoirs of the American Academy of Arts and Sciencies*, new series, t. III, p. 75.

(43) Pág. 128.—*Outlines*, § 874, p. 601.

(44) Pág. 128.—Delambre, *Hist. de la Astron moderna*, t. I, p. 697.

(45) Pág. 129.—La primera descripcion completa de la Via láctea en los dos hemisferios, se debe á Juan Herschell. Véanse los §§ 316-335 de la obra que hemos llamado siempre *Viaje al Cabo*, y cuyo verdadero título es: *Results of Astronomical Observations* made during the years 1834-1838, at the *Cape of Good Hope*. Véase tambien la obra mas moderna de J. Herschell, *Outlines of Astronomy*, § 787-799. Hubiera podido sacar partido de las observaciones que he hecho durante mi larga estancia en el hemisferio austral, acerca del brillo tan desigual de las diferentes regiones de la Via láctea, etc.; pero no tenia á mi disposicion mas que instrumentos de una debilidad óptica estremada en comparacion de los de Juan Herschel; además, para evitar la mezcla de lo cierto y lo dudoso, he determinado referirme esclusivamente á los trabajos de este astrónomo eminente. V. además Struve, *Estudios de Astron. estelar*, p. 35-39. Mædler, *Astron.*, 1819; § 213; *Cosmos*, t. I, p. 135.

(46) Pág. 129.—Comparando la Via láctea á un rio celeste, los Ara-

bes llegaron á dar á una parte de la constelacion del Sagitario, cuyo arco se encuentra en una region brillante de esta zona, el nombre de *el animal que va al abrevadero*, y este animal era precisamente el Avestruz, que esperimenta muy poco la sensacion de la sed. (Ideler, *Untersuch. über den Ursprung. und die Bedeutung der Sternnamen*, p. 78, 183 y 187; Niebuhr, *Beschreibung von Arabien*, p. 112.

(47) Pág. 130.—*Outlines*, p. 529; Schubert, *Astron.*, 3.ª parte, p. 71.

(48) Pág. 130.—Struve, *Estudios de Astron. estelar*, p. 41.

(49) Pág. 130.—*Cosmos*, t. I, p. 135.

(50) Pág. 131.—«Stars standing on a clear black ground *(Viaje al Cabo*, p. 391). This remarkable belt (the milky way, wehen examined through powerful telescopes) is found (wonderful to relate!) *to consist entirely of stars scattered by millions*, like glit ering dust, on the *black ground* of the general heavens.» *(Outlines*, p. 182, 537 y 539).

(51) Pág. 131.—«*Globular clusters*, except in one region of small extent (between 16h 45m 19n in RR), and *nebulæ of regular elliptic forms* are comparatively rare in the Milky Way, and are found congregated in the greatest abundance in a part of the heavens the most remote possible from that circle.» *(Outlines*, p. 614). Huyghens habia notado desde 1656 cuan pobre en nebulosas era la Via láctea. En el mismo pasaje donde se señala y describe la gran nebulosa de Orion, que descubrió en dicho año por medio de un anteojo de 9 metros, dice Viam lacteam perspicillis inspectam nullas habere nebulas; añade que la Via láctea es como todas las nebulosas, un gran grupo de estrellas. Este pasaje se encuentra en Hugenii *Opera varia*, 1724, p. 593.

(52) Pág. 131.—*Viaje al Cabo*, § 105, 107 y 328. Acerca del anillo nebuloso n.° 3686, véase p. 114.

(53) Pág. 131.— «Intervals absolutely dark *and completely void of any star* of the smallest telescopic magnitude.» *(Outlines*, p. 536.)

(54) Pág. 132—«No region of the heavens in fuller of objects, beautiful and remarkable in themselves, and rendered still mor so by their mode of association and by the peculiar features assumed by the Milky Way, which are without a parallel in any other part of its course.» *(Viaje al Cabo*, p. 386). Esas espresiones tan vivas de Juan Herschell, responden perfectamente á la impresion que yo mismo he esperimenta-

do. El capitan Jacob (Bombay Engineers) pinta con una verdad sorprendente el brillo de la Via láctea en la proximidad de la Cruz del Sud: «Such is the general blace of star light near the Cross from that part of the skp, that a person is immediately made aware of its having risen above horizon, though he should not be at the time looking at the heavens, by the increase of general illumination of the atmosphere, ressembling the effect of the young moon. Véase Piazzi Smyth, *on the Orbit of α Cent.* en las *Transact. of the Royal Soc. of Edinburg*, t. XVI, p. 415.

(55) Pág. 133.—*Outlines*, § 789 y 791; *Viaje al Cabo*, §. 325.

(56) Pág. 133.—*Almagestas*, l. VIII, c. 2 (t. II, p. 84 y 90, ed. Halma). La descripcion de Tolomeo es escelente en algunos períodos; y sobre todo, muy superior á la de Aristóteles, *Metereol.*, l. I, p. 29 y 34, ed. de Ideler.

(57) Pág. 134.—*Outlines*, p. 531. Hay tambien una mancha oscura entre α y γ de Casiopea. La oscuridad de ese espacio debe atribuirse á un efecto del contraste producido por el resplandor de las regiones circundantes. Cf. Struve *Estudios estelares*, n. 58.

(58) Pág. 135.—Morgan ha dado en el *Philos. Magazine*, sér. III, n.° 32, p. 241, un estracto de la obra extremadamente rara de Tomás Wright, de Durham, *Teory of the Universe*, London, 1750. Tomás Wright, cuyo libro ha adquirido tanto interés para los astrónomos á consecuencia de las ingeniosas especulaciones de Kant y de Guillermo Herschell sobre la forma de nuestra nebulosa, no observaba sino con un telescopio de 32 centímetros de foco.

(59) Pág. 135.—Pfaff, en las *sämmtl. Schriften* de G. Herschell, t. I (1826), p. 78-81; Struve, *Estudios estel.*, p. 35-44.

(60) Pág. 135.—Eucke, en las *Astron. Nachr.* de Schumacher, n.° 622 (1847), p. 341-346.

(61) Pág. 135.—*Outlines*, p. 536. En la página siguiente se encuentra respecto del mismo asunto: «In such cases it is equally imposible not to perceive that we are looking *through* a sheet of stars of no great thickness compared with the distance which separates them from us.»

(62) Pág. 136.—Struve, *Estudios estel.*, p. 63. Alguna vez los mayores telescopios encuentran en la Via láctea sitios en que la existencia de la capa estelar, no está anunciada por innumerables puntos luminosos, sino por una nebulosidad vaga, de apariencia mosqueada ó picada (by an

uniform dotting ot stippling of the field of view). Véase en el *Viaje al Cabo*, p. 390, el párrafo «on some indications of very remote telescopic branches of the Milky y Way, or of an independent sidereal Systems, beorign a resemblance to such branches.»

(63) Pág. 136.—*Viaje al Cabo*, § 314.

(64) Pág. 136.—Guillermo Herschell en las *Philos. Transact.* for 1785, p. 21; Juan Herschell, *Viaje al Cabo*, § 293. V. tambien Struve, *Descrip. del Observatorio de Pulkova*, 1845, p. 267-271.

(65) Pág. 136.—«I think, dit sir John Herschell, it is impossible to view this splendid zone from *α Centauri* to the Cross without an impression amounting almost to conviction, that the milky way is not a mere stratum, but annular; or at least that our system is placed within one of the poorer or almost vacant parts of its general mass, and that eccentrically, so as to be much nearer to the region about the Cross than to that diametrically opposite to it.» (Mary Somerville, *on the connexion of the physical Sciences*, 1846, p. 419.)

(66) Pág. 136.—*Viaje al Cabo*, § 315.

(67) Pág. 140.—*De admiranda Nova Stella, anno* 1572 *exorta*, in Tychonis Brahe *Astronomiæ instauratæ Progymnasmata*, 1603, p. 298-304 y 578. He seguido fielmente en el testo la narracion del mismo Ticho. No he debido hacer mencion del aserto poco importante en sí, aun cuando se le encuentra en muchas obras astronómicas, de que Ticho tenia noticias de la aparicion de la nueva estrella por multitud de gentes del pais.

(68) Pág. 140.—En una discusion con Ticho, Cardan se remonta hasta la estrella de los Magos, para identificarla con la de 1572. Fundándose en cálculos relativos á las conjunciones de Saturno y de Júpiter, y segun conjeturas análogas á las que Képlero habia emitido, acerca de la esestrella nueva que apareció en 1604, en el Serpentario, Ideler cree que *la estrella de los Sábios de Oriente*, no era una estrella aislada, sino un simple *aspecto*, una conjuncion de dos planetas brillantes, próximos entre sí en una distancia menor que el diámetro de la Luna. La frecuente confusion de las dos palabras ἀστήρ y ἄστρον, presta algun apoyo á esta interpretacion. V. Tychonis, *Progymnasmata*, p. 324-330; Ideler, *Hand buch der mathematischen und technischen Chronologie*, t. II, p. 399-407.

(69) Pág. 141.—*Progymn.*, p. 324-330. Ticho, para apoyar su teoría de las estrellas nuevas formadas *á espensas de la nebulosidad cósmica de la Via láctea*, invoca los notables pasajes en que Aristóteles espone sus ideas sobre las relaciones de la Via láctea con las colas de los cometas (nebu-

losidades emitidas por los cuerpos cometarios), V. *Cosmos*, t. I, p. 88 y 363, n.º 48.

(70) Pág. 143.—Otros datos colocan la aparicion en 388 ó 398: véase Santiago Cassini, *Elementos de Astronomia*, 1740 (Estrellas nuevas), p. 59.

(71) Pág. 148.—Arago, *Anuario* para 1842, p. 332.

(72) Pág. 149.—Képlero, *de Stella nova in pede Serp.*, p. 3.

(73) Pág. 152.—Véase acerca de las que no han desaparecido, Argelander en las *Astron. Nachr.* de Schumacher, n.º 624, p. 371. Para tomar tambien un ejemplo de la antigüedad, basta recordar la negligencia con que escribió Arato su poema astronómico: sus olvidos han dado lugar á preguntar si Vega de la Lira seria estrella nueva, ó estrella variable de largo período. Arato dice, con efecto, que la constelacion de la Lira no contiene mas que pequeñas estrellas. Es muy estraño, sin embargo, que Hiparco no haya señalado este error en su Comentario, mientras que no se olvida de combatir otro error respecto del brillo relativo á las estrellas de Casiopea y del Serpentario. Pero estas son omisiones casuales que nada prueban; porque no habiendo atribuido Arato al Cisne estrellas sino «de un brillo medio.» Hiparco consigna espresamente este error (l. 14), y añade que la brillante del Cisne (Deneb) es inferior apenas á la de la Lira (Vega). Tolomeo coloca á esta entre las estrellas de 1.ª magnitud. En los Catasterismos de Eratóstenes, se llama á Vega, λευκὸν καὶ λαμπρόν. ¿Es posible decidir por el único testimonio de un poeta que no observaba las estrellas, y que se esponia por lo tanto á error, que Vega de la Lira (la *Fidicula* de Plinio, XVIII, 25) no era una estrella de 1.ª magnitud en la época de Arato, y que no ha alcanzado su estado actual, sino en el tiempo que media desde Arato á Hiparco, es decir de 272 á 127 antes de nuestra era?

(74) Pág. 154.—V. Mædler, *Astron.*, p. 438, nota 12; Struve, *Stellarum composit. Mensuræ microm.*, p. 97 y 98, estrella 2140. «Creo, dice Argelander, que es en estremo difícil estimar exactamente el brillo de estrellas tan diferentes como las dos componentes de α de Hércules. Mis observaciones están en completa contradiccion con la hipótesis de la variabilidad del satélite. Con efecto, α de Hércules nunca me ha parecido sencilla en las numerosas observaciones que he hecho de dia en los círculos meridianos de Abo, de Helsingfors y de Bonn; ahora bien; esto no hubiera podido suceder si la compañera hubiese sido de 7.ª magnitud en su mínimum de esplendor. Persisto en creerla invariable y en colocarla en la 5.ª ó 5-6.ª magnitud.»

(75) Pág. 155.—La tabla de Mædler (*Astron.*, p. 435), contiene 18 es-

trellas con elementos numéricos muy diferentes. Juan Herschell cuenta mas de 45 estrellas variables, comprendiendo entre estas las que están indicadas en el testo (*Outlines*, § 819-826).

(76) Pág. 157.—«Tomando, dice Argelander, para época inicial la del mínimum de brillo de Algol en 1800, enero 1, á 18h 1m de tiempo medio de París, obtengo las duraciones siguientes del período para:

— 1987 . . .	2d 20h 48m 59s, 416 . . .	± 0s, 316
— 1406	58 , 737	± 0 , 094
— 825	58 , 393	± 0 ,175
+ 731	58 , 454	± 0 , 039
+ 2328	58 , 193	± 0 , 096
+ 3885	57 , 971	± 0 , 045
+ 5441	55 , 182	± 0 , 348

La significacion de los números de este cuadro es la que sigue: Si se toma la época del mínimum en 1.° de enero de 1800 para cero, la del mínimum precedente será — 1; la del mínimum siguiente será + 1, etc... Entonces la duracion del período entre los mínimos designados por — 1987 y — 1986 será exactamente de 2d 20h 48m 59s, 416: la duracion entre + 5441 y + 5442 será de 2d 20h 48m 55s, 182. La última duracion corresponde al año 1784, y la segunda al año 1842. Los números precedidos del signo + son los errores probables. Esos números demuestran que el período es cada vez mas corto, resultado confirmado, además, por todas las observaciones que he hecho desde 1847.«

(77) Pág. 158.—La fórmula con que intentó Argelander representar todas las observaciones de los máximos de Mira de la Ballena, es:

$$1751 \text{ setiembre } 9{,}76 + 331{,}3363\ E + 10{,}5 \sin\left(\frac{360^\circ}{11}E + 86^\circ\ 23'\right)$$

$$+ 18{,}2 \sin\left(\frac{45^\circ}{11}E + 231^\circ\ 42'\right) + 33{,}9 \sin\left(\frac{45^\circ}{22}E + 170^\circ\ 19'\right)$$

$$+ 65{,}3 \sin\left(\frac{15}{11}E + 6^\circ\ 37'\right);$$

en la cual E espresa el número de los máximos que han tenido lugar desde el 9 de setiembre de 1751; en los coeficientes numéricos la unidad es el dia medio. Segun esta fórmula, el máximum del año actual tendrá lugar en

$$1751 \text{ setiembre } 9{,}76 + 36446{,}99 + 10{,}48 - 11{,}24 + 19{,}60$$
$$+ 25{,}92 = 1851 \text{ agosto } 8{,}51$$

Lo que parece hablar mas en favor de esta fórmula, es que representa tambien la observacion del máximum de 1595 *(Cosmos*, t. II, p. 318): ahora bien; esta observacion discordaria en mas de 100 dias en la hipótesis de un período uniforme. Sin embargo la ley de las variaciones de brillo de esta estrella parece ser muy complicada, porque las separaciones de la fórmula llegan á cerca de 25 dias en ciertos casos, por ejemplo para el máximum exactamente observado del año 1840.»

(78) Pág. 158.—V. Argelander, *de Stella β Lyræ variabili,* 1844.

(79) Pág. 159.—Una de las primeras tentativas sérias que se han hecho para determinar la duracion media del período de Mira de la Ballena, se debe á Santiago Cassini, *Elémentos de Astronomia*, 1740, p. 66-69.

(80) Pág. 168.—Newton *(Philos. Nat. Principia mathem*, ed. Le Seur y Jacquier, 1760, t. III, p. 671) no distingue mas que dos clases de fenómenos siderales: «Stellæ fixæ quæ per vices apparent et evanescunt, videntur revolvendo partem lucidam et partem obscuram per vices ostendere.» Riccioli habia propuesto ya esta esplicacion para las variaciones de brillo de las estrellas. En cuanto á la reserva que debe guardarse en decidir acerca de la periodicidad de esas variaciones, véanse las importantes consideraciones de Juan Herschell, en el *Viage al Cabo*, § 261.

(81) Pág. 168.—Delambre, *Hist. de la Astron. antigua*, t. II, p. 280, é *Hist. de la Astron. en el siglo* 18°, p. 119.

(82) Pág. 170.—Juan Herschell, *Viage al Cabo*, § 71-78, y *Outlines of Astron.*, § 830. V. *Cosmos*, t. I, p. 138 y 385 n.° 20.

(83) Pág. 170.—Carta manuscrita del teniente Gilliss, astrónomo del Observatario de Washington, al doctor Flügel, cónsul de los Estados Unidos de la América del Norte en Leipzig. En Santiago de Chile el cielo permanece durante 8 meses, tan puro, y la atmósfera tan trasparente, que Gilliss distinguia perfectamente la 6.ª estrella del trapecio de Orion con un anteojo de 0m, 175 de abertura, construido por Enrique Fitz, de New-York, y G. Young de Filadelfia.

(84) Pág. 171.—Juan Herschell, *Viage al Cabo*, p. 334 350, nota 1, y 440. (Sobre las antíguas observaciones de la Cabra y de la Vega, v. Guillermo Herschell en las *Philos. Transact.*, 1797, p. 307; 1799, p. 121, y en el *Jahrbuch* de Bode para 1810, p. 148.) Por el contrario, Argelander pone en duda la variabilidad de la Cabra y de las estrellas de la Osa Mayor.

(85) Pág. 172.—*Viage al Cabo*, § 259, n.° 260.

(86) Pág. 172.—Heis, en sus noticias manuscritas de mayo de 1850. V. tambien el *Viage al Cabo*, p. 325, y P. de Boguslawski, *Uranus* für 1848, p. 186. La supuesta variabilidad de η, α y δ de la Osa Mayor está tambien confirmada en las *Outlines*, p. 559. Acerca de las estrellas que indicaran sucesivamente el polo norte, hasta Vega de la Lira, la mas bella de todas, la cual tomará en 12000 años el lugar de la estrella polar tual, v. Mædler, *Astron.*, p. 432.

(87) Pág. 172.—*Casmos*, t. III, p. 77.

(88) Pág. 172.—Guillermo Herschell, on the Changes that happen to the Fixed Stars, en las *Phil. Transact.* for 1796, p. 186. Véase tambien Juan Herschell, *Viaje al Cabo*, p. 350-352, y el escelente escrito de Mary Somerville: *Conexion of the Physical Sciences*, 1846, p. 407.

(89) Pág. 176.—Encke, *Betrachtungen uber die Anordnung des Sternsystems*, 1844, p. 12, (*Cosmos*, t. III, p. 27): Mædler, *Astron.*, p. 445; Faye, *Memorias*, t. XXVI, p. 76.

(90) Pág. 178.—Halley en las *Philos. Transact.* for 1717-1719, t. XXX, p. 736. Sus consideraciones no llegaban por lo demás sino á las variaciones en latitud; el primero que se ocupó de las variacianes en longitud fué Santiago Cassini (Arago, en la *Astron. popul.*, t. II, p. 23).

(91) Pág. 178.—Delambre, *Hist. de la Astron. moderna*, t. II, p. 658, é *Hist. de la Astron. en el siglo* 18, p. 448.

(92) Pág. 178.—*Philos. Transact.*, t. LXXIII, p. 138.

(93) Pág. 179.—Bessel, en el *Fahrbuck* de Schumacher para 1839, p. 38; Arago, *Astron. popul.*, t. II, p. 20.

(94) Pág. 179.—Acerca de α del Centauro, v. Henderson y Maclear en las *Memoirs of the Astron. Soc.*, t. XI, p. 61, y Piazzi Smyth en las *Edinb. Transact.*, t. XVI, p. 447. El movimiento propio de Arturo es de 2'',25, segun Baily (*Memoirs of the Astron. Soc*, t. V, p. 165); es considerable con relacion á los movimientos propios de otras estrellas muy brillantes; por que el de Aldebaran no es mas que de 0'',185 (Mædler, *Centralsonne*, p. 11), y el de Vega de 0'',400. Entre las estrellas de primera magnitud, α del Centauro constituye una escepcion muy notable; su movimiento propio de 3'',58, escede mucho del de Arturo. El movimiento propio de la estrella doble del Cisne es de 5'',123 por año, segun Bessel (*Schum. Astron. Nachr.*, t. XVI, p. 6).

(95) Pág. 179.—*Astron. Nachr.*, de Schumacher, n.º 455.

(96) Pág. 179.—La misma obra, n.º 618, p. 276. D' Arrest ha basado su cálculo en la comparacion de las observaciones de La Caille (1750) con las de Brisbane (1825) y de Taylor (1835). La estrella 2,151 de la Popa de la Nave tiene un movimiento propio de 7'',871: es de 6.ª magnitud. (Maclear en Mædler, *Untersuch. über die Fixstern-Systeme*, t. II, p. 5.)

(97) Pág. 179.—*Astron. Nachr.*, n.º 661, p. 201.

(98) Pág. 180.—La misma obra, n.os 514-516.

(99) Pág. 181.—Struve, *Estudios de Astron. estelar*, testo, p. 47, notas p. 26 y 51-57; Juan Herschell, *Outlines*, § 859 y 860.

(100) Pág. 181.—Orígenes, en el *Thesaurus* de Gronovió, t. X, p. 271.

(1) Pág. 181.—Laplace, *Esposicion del Sist. del Mundo*, 1824, p. 395. En sus *Cartas cosmológicas*, Lambert se inclina mucho hácia la hipótesis de los cuerpos oscuros.

(2) Pág. 181.—Mædler, *Unters über die Fixstern-Systeme*, t. II, (1848) p. 3, y *Astron.*, p. 416.

(3) Pág. 182.—Véase *Cosmos*, t. III, p. 77; Laplace en las *Allgem. geogr. Ephem.* de Zach, t. IV, p. 1; Mædler, *Astron.*, p. 393.

(4) Pág. 183.—Opere di Galileo Galilei, t. XII, Milano, 1811, p. 206. Este notable pasaje que indica la posibilidad y aun el proyecto de una medida, ha sido señalado por Arago, *Astron. popul.*, t. I, p. 438.

(5) Pág. 184.—Bessel, en el *Jahrbuch* für 1839 de Schumacher, p. 5 y 11.

(6) Pág. 185.—Struve, *Astron. estel.*, p. 104.

(7) Pág. 185.—Arago, en el *Conocimiento de los Tiempos* para 1834, p. 281: «Observamos con mucho cuidado, Mathieu y yo, durante el mes de agosto de 1812 y en el mes de noviembre siguiente, la altura angular de la estrella sobre el horizonte de París. Esta altura en la segunda época, no escede de la altura angular en la primera mas que en 0'',66. Un paralaje absoluto de un solo segundo hubiera producido necesariamente entre esas dos alturas una diferencia de 1'',2. Nuestras observaciones no indican pues que el radio de la órbita terrestre, que 39 millones de leguas sean vistas desde la 61.ª del Cisne bajo un ángulo de mas de *medio segundo*. Pero una base mirada perpendicularmente subtiende un ángulo de un semi-segundo, cuando se dista de él 412 mil veces su longitud.

Luego la 61.ª del Cisne está por *lo menos* á una distancia de la Tierra igual á 412 mil veces 39 millones de leguas.» V. *Astron. popul.*, t. I, la nota de la p. 444.

(8) Pág. 185.—Bessel publicó desde luego en el *Jahrbuch* de Schumacher, p. 39-49, y en las *Astron. Nachr.*, n.º 366, el número 0″,3136 á título de primera aproximacion. Su resultado definitivo es 0″,3483 (*Astron. Nachr.*, n.º 402, t. XVII, p. 274). Peters halló, por sus propias observaciones, un número casi idéntico, 0″,3490 (Struve, *Astron. estel.*, p. 99). En cuanto á la modificacion que Peters hizo sufrir al número de Bessel, proviene de que Bessel habia prometido antes de su muerte (*Astron. Nachr.*, t. XVII, p. 267), someter á un nuevo exámen la influencia de la temperatura sobre las medidas heliométricas. Habia tambien realizado en parte esta promesa en el primer tomo de sus *Astronomische Untersuchungen*, pero sin hacer aplicacion á sus observaciones de paralaje. Esta aplicacion se hizo por Peters (*Ergänzungsheft zu den Astron. Nachr.*, 1849, p. 56), y este astrónomo distinguido encontró tambien 0″,3744 en lugar de 0″,3483.

(9) Pág. 186.—Este paralaje de 0″,3744 da para la distancia de la 61.ª del Cisne 550,900 veces la distancia de la Tierra al Sol, ú 8.455,000 millones de miriámetros. La luz emplea 3,177 dias medios en recorrer esta distancia. Los tres valores que han sido atribuidos sucesivamente á este paralaje han acercado á nosotros (entiéndase que aparentemente) la célebre estrella doble del Cisne en la relacion de los números 10, 9 $^{1}/_{4}$ y 8, $^{7}/_{10}$ que espresan en años el tiempo que necesita la luz para salvar el espacio que nos separa de ella.

(10) Pág. 186.—Juan Herschell, *Outlines*, p. 545 y 551; Mædler (*Astron.*, p. 425) da 0″,9213 y no 0″,9128, para el paralaje de α del Centauro.

(11) Pág. 186.—Struve, *Stell. compos. Mensure microm.*, p. CLXIX-CLXXII. Airy atribuye á α de la Lira un paralaje inferior á 0″,1, ó mas bien admite que este paralaje es muy pequeño para poderse determinar con los instrumentos de que se disponia en la época de sus observaciones (*Mem. of the Royal Astron. Soc.*, t. X, p 270).

(12) Pág. 186.—Struve, sobre las medidas micrométricas que se han hecho con el gran anteojo del observatorio de Dorpat (oct. 1839), en las *Astron. Nachr.* de Schumacher, n.º 396, p. 178.

(13) Pág. 186.—Peters, en Struve, *Astron. stell.*, p. 100.

(14) Pág. 187.—Peters, en Struve, *Astr. stell.*, p. 101; Wichman, G. Struve, Otto Struve y Faye en las *Memorias*, t. XXVI, p. 64, 69,

y t. XXX, p. 68 y 78. Los paralajes referidos en el testo, proporcionan el medio de trasformar los movimientos propios (angulares) de las estrellas en movimientos lineales, y de evaluar asi sus velocidades en miriámetros ó en leguas (de 4,000 m). Por el cuadro siguiente se verá con qué rapidez se mueven la mayor parte de esas pretendidas *fijas*: es curioso que sea en ellas en donde se busquen los ejemplos de las mayores velocidades de que hasta aquí ha parecido animada la materia:

ESTRELLAS.	PARALAJES.	MOVIMIENTOS PROPIOS.	ESPACIOS recorridos POR SEGUNDO.
α del Centauro.	0'',913	3'',580	5 leguas.
61ª del Cisne.	0 ,3744	5 ,123	16
Sirio.	0 ,230	1 ,234	6
1830 Groombridge.	0 ,226	6 ,974	37
"	0 ,1825	"	46
"	0 ,034	"	249
τ de la Osa Mayor.	0 ,133	0 ,746	7
Arturo.	0 ,127	2 ,250	22
α de la Lira.	0 ,207	0 ,364	2
La Polar.	0 ,106	0 ,035	½
La Cabra.	0 ,046	0 ,461	12

Habria que rebajar de los números contenidos en las dos últimas columnas, el efecto producido por la traslacion de nuestro propio sistema. Esta reduccion se ha hecho posible desde que los trabajos combinados de Argelander, de O. Struve y de Peters han dado á conocer por una parte, la direccion en que se mueve el Sol, y por otra, su velocidad absoluta en el espacio. Segun O. Struve, un observador colocado á la distancia media de las estrellas de 2.ª magnitud, veria moverse al Sol con una velocidad angular anual de 0'',3392. Segun Peters, á esta distancia corresponde un paralaje de 0''209. Asi la velocidad absoluta del Sol y de todo su cortejo de planetas seria de 2 leguas por segundo. Pero este resultado no se ha tenido presente en el cuadro anterior, y por consiguiente los números de leguas indicadas miden solamente los cambios *relativos* del Sol y de cada estrella durante 1 s. Conviene añadir tambien que esos números no espresan mas que las proyecciones, quizá muy disminuidas, de las

velocidades estelares sobre los planos perpendiculares á los rayos visuales, porque nada nos indica la direccion absoluta de esos movimientos en el espacio. Las velocidades reales pueden pues ser todavía mayores que las del cuadro.

(15) Pág. 188.—V. sobre la relacion entre los movimientos propios y la distancia, para las estrellas mas brillantes, Struve, *Stell. comp. Mens. microm.*, p. CLXIV.

(16) Pág. 189.—Savary en el *Conocimiento de los tiempos* para 1830, p. 56-69 y p. 163-171. Esta brillante concepcion de Savary fué discutida por Struve bajo el punto de vista práctico (*Mensuræ microm.*, p. CLXIV). Segun Struve, las estrellas dobles actualmente conocidas no se prestan á una aplicacion ventajosa de este método. Si los paralajes no son inferiores á 0'',1, vale mas intentar la determinacion directa que recurrir á la desigualdad marcada por Savary. No obstante esta desigualdad podria llegar á ser sensible con el tiempo, en las estrellas de *largos periodos*, y permitir entonces obtener paralajes que escaparian á las medidas directas. Además, para que la idea de Savary sea perfectamente exacta bajo el punto de vista teórico, es preciso admitir la condicion de que la masa del satélite pueda ser considerada como nula, frente á la masa de la estrella central. Si las masas fuesen iguales, las duraciones de las semi-revoluciones, de que se ha hablado en el testo, lo serian tambien; el efecto de aberracion cuyo paralaje se trata de deducir desapareceria. Débese esta observacion á Y. Villarceau que ha tratado la cuestion de una manera completa, en una memoria todavía inédita. Villarceau llegó á reconocer la necesidad de llevar cuenta de las masas (la relacion de su diferencia á su suma), estudiando separadamente, en su análisis, las aberraciones especiales de cada componente de un mismo par estelar.

(17) Pág. 190.—*Cosmos*, t. I, p. 130 y 383, n.° 2.

(18) Pág. 190.—Mædler, *Astronomia*, p. 414.

(19) Pág. 190.—Arago fué el primero que indicó este pasaje notable de Bradley (*Astron. popul.*, t. II, p. 27). V. en el mismo tomo, el libro relativo á la traslacion del sistema solar, p. 19-36.

(20) Pág. 192.—Segun una carta que Gauss me dirigió: V. *Astron. Nachr.*, n.° 622, p. 348.

(21) Pág. 192.—Galloway, *on the Motion of the Solar System*, en las *Philos. Transact.*, 1847, p. 98.

(22) Pág. 193.—Argelander ha dicho su opinion respecto del valor que se debe atribuir á semejantes concepciones, en su escrito: *über die eigene Bewegung des Sonnensyseems, hergeleitet aus der eigenen Bewegung der Sterne*, 1837, p. 39.

(23) Pág. 193.—V. *Cosmos*, t. I, p. 128; Mœdler, *Astron.*, p 400.

(24) Pág. 194.—Argelander, la misma obra., p. 42; Mædler, *Centralsonne*, p. 9, y *Astron.*, p. 403.

(25) Pág. 194.—Argelander, la misma obra., p. 43, y en las *Astron. Nachr.* de Schumacher, n.º 566. Guiados, no por investigaciones numéricas, sino por especulaciones en las que la imaginacion tenia la mayor parte, Kant y Lambert, habian indicado ya, el uno á Sirio, el otro la nebulosa del tahalí de Orion, como cuerpo central de nuestro haz estelar. (Struve, *Astron. estel.*, p 17, n.º 19).

(26) Pág. 194.—Mædler, *Astron.*, p. 380, 400, 407 y 414; *Centralsonne*' 1846, p. 44-47; *Untersuchungen über die Fixstern-Systrme*, 2.ª parte., 1848, p. 183-185. (Alcion está situada á los 54° 30′ de AR, y + 23° 36′ de declinacion para el año 1840) Si el paralaje de Alcion fuera efectivamente de 0″, 0065, su distancia sería igual á 31 $^1/_2$ millones de veces el radio de la órbita terrestre; estaría, pues, 50 veces mas apartada de nosotros que la 61ª del Cisne. La luz, que llega del Sol á la Tierra en 8m 18s, necesitaria 500 años para venir de Alcion. Puede citarse á este propósito, el límite de magnitud á que se ha elevado la imaginacion mas atrevida de los antiguos Griegos. Hesiodo dice. (*Theogonia*, v. 722-725), á propósito de los Titanes precipitados en el Tártaro: «Si un yunque de bronce cayese del Cielo, durante nueve dias y nueve noches, al décimo dia llegaria á la Tierra...» El espacio así recorrido en 777600 segundos de tiempo, por un cuerpo que cae, puede ser calculado fácilmente, teniendo en cuenta el decrecimiento rápido que la atraccion del globo terrestre esperimenta á distancias notables; Gall encuentra para esta altura de caida 57,400 miriámetros: esto es, vez y media la distancia de la Luna á la Tierra. Pero segun la *Iliada*, I, 592, Vulcano no tardó mas que un solo dia en caer del cielo á la isla de Lemnos, «y apenas si respiraba todavía.» En cuanto á la cadena que pendia del Olimpo á la Tierra, y sobre la cual habian reunido los Dioses todos sus esfuerzos sin poder arrastrar á Júpiter (*Iliada*, VIII, 18). su longitud permanece indeterminada; no es una imágen destinada á dar la idea de la altura del Cielo, sino únicamente de la fuerza y de la omnipotencia de Júpiter.

(27) Pag. 194 —V. las dudas espuestas por Peters en los *Astron. Nachr.*

de Schumacher, 1849, p. 661, y por Juan Herschell, *Outlines of Astron.*, p 589: «In the present defective state of our knowledge respecting the proper motion of the smaller stars, we cannot but regard all attempts of this kind as to a certain extent premature, though by no means to be discouraged as forerunners of something more decisive.».

(28) Pág. 195.—V. *Cosmos*, t. I, p. 134-134 y 383; Struve, *über Doppelsterne nach Dorpater Micrometer-Messungen, von* 1824 *bis* 1837, p. 11.

(29) Pág. 196.—*Cosmos*, t. III, p. 46-50, 115-118.
Como ejemplo notable de una estension de vista estraordinaria puede citarse al maestro de Keplero, Mœstlin, que apercibia á simple vista 14 estrellas en las Pléyadas: algunos antiguos habian visto 9 (Mædler, *Unters. über die Fixs.*, 2.ª parte, p. 36.)

(30) Pág. 196.—*Cosmos*, t. III, p. 183 El doctor Gregory de Edimburgo, habia recomendado tambien este método en 1675, es decir, 33 años antes de Galileo: V. Thomas Birch, *Hist. of the Royal Soc.*, t. III, 1757, p. 225. Bradley alude á este método, en 1748, al fin de su célebre Memoria sobre la nutacion.

(31) Pág. 197.—Mædler, *Astron.*, p. 477.

(32) Pág. 197.—Arago, en la *Astron. popul.*, t. II, p. 28.

(33) Pág. 197.—An Inquiry into the probable Parallax and Magnitude of the fixed Stars, from the quantity of Light which they afford us, and the particular circumstances of their situation, by the Rev. Juan Michell, en las *Philos. Transact.*, t. LVII, p. 234-261.

(34) Pág. 198.—Juan Michell, la misma obra., p. 238; «If it should hereafter be found, that any of the stars have others revolving about them (for no satellites by a borrowed light *could possibly be visible*), we shouldt then have the means of discovering...» En todo el curso de su discusion persiste en negar que una de las dos estrellas componentes pueda ser cuerpo oscuro, planeta que refleje únicamente la luz del otro astro, y se funda en que los dos astros son *visibles para nosotros, á pesar de su distancia.* Compara la densidad de las dos estrellas, distinguiendo á la mayor con el nombre de *central star*, con la densidad de nuestro Sol, y si emplea la palabra *satélite*, si habla de la «greatest apparent elongation of those stars, that revolved about the others as satellitis,» no es mas que para indicar la idea puramente relativa de la revolucion de la mas pequeña alrededor de la mayor, sin olvidar por esto que los movimientos absolutos se ejecutan alrededor del centro de gravedad comun. Mas ade-

lante dice (p. 243 y 249): We may conclude with the highest probability (the odds against the contrary opinion being many million millions to one), that strs form a kind of system by mutual gravitation. It is highly probable in particular, and next to a certainty in general, that such double stars as appear to consist of two or more stars placed near together, are under tne influence of some general law, such perhaps as gravity...» (V. tambien Arago en la *Astronomia popular*, t. I, p. 487-494). No puede concederse una gran confianza á los resultados numéricos de los cálculos de las probabilidades á que se entregó Michell, pues, partió este de una hipótesis inadmisible, á saber, que hay en todo el Cielo 230 estrellas mas brillantes que β del Capricornio, y 1500 estrellas iguales en brillo á las 6 estrellas de las Pléyadas. Juan Michell termina su ingenioso tratado cosmológico por una esplicacion muy atrevida del centelleo, atribuyéndolo á una especie de pulsacion que se produce en tal caso en la emision de la materia luminosa. Esta esplicacion no es tampoco mas feliz que la que Simon Mario, uno de los que descubrieron los satélites de Júpiter (*Cosmos*, t. II, p. 308 y 470, n.º 44), dió al final de su ***Mundus Jovialis***, en 1614. Pero Michell tuvo el mérito de haber hecho observar primero que nadie (p. 263), que el centelleo va siempre acompañado de cambios de color: «Besides their brightness, there is in the twinklin of the fixed stars a change of colour.»

(35) Pág. 199.—Struve, en la *Coleccion de las Actas de la Sesion pública de la Acad. imper. de Ciencias de St-Petersbourg*, el 29 diciembre 1832, p. 48-50; Mædler, *Astron.*, p. 478.

(36) Pág. 199.—*Philos. Transact.*, for the year 1782, p. 40-126, for 1783, p. 112-124, for 1804, p. 87. V. Mædler, en el *Schumacher's Jahrbuch für* 1839. p. 59, y los *Unters. über die Fixstern-Systeme*, 1.ª parte., 1847, p. 7.

(37) Pág. 200.—Mædler, la misma obra, 1.ª parte, p. 255. Se conocen para Castor dos antiguas observaciones de Bradley, que datan de 1719 y de 1759, la primera hecha en comun con Pound, la segunda con Maskelyne, y dos observaciones de G. Herschell de 1779 y 1803,

(38) Pág. 201.—Struve, *Mensuræ microm.*, p XL y p. 234-248. en total hay 2641 + 146 = 2787 pares observados (Mædler, *Schum. Jahrb.*, 1839, p. 64).

(39) Pág. 201.—Juan Herschell, *Viaje al Cabo*, es decir *Astron. observ at the Cape of Good Hope*, p. 165-303.

(40) Pág. 201.—La misma obra., p. 167 y 242.

(41) Pág. 202.—Argelander, en su trabajo sobre los movimientos propios de las estrellas. V. su escrito: *DLX stellarum fixarum positiones mediæ ineunte anno* 1830, *ex observ. Aboæ habitis* (Helsingforsiæ 1825). Mædler evalúa en 600 el número de las estrellas múltiples que han sido descubiertas en Pulkova desde 1837 (*Astron.*, p. 625).

(42) Pág. 203.—Puede suponerse que todas las estrellas tienen un movimiento propio; pero el número de aquellas cuyo movimiento se ha comprobado escede apenas del número de las estrellas dobles en las cuales se ha reconocido un cambio relativo de las componentes. (Mædler, *Astron.*, p. 394, 490 y 520-540). Struve ha discutido esas relaciones numéricas en las *Mens. microm.*, XCIV, tratando separadamente los pares en que la distancia es de 0'' á 1'', de 2'' á 8'' y de 16'' á 32''. Conviene recordar aquí que si las distancias inferiores á 0'',8 han sido simplemente estimadas, investigaciones instituidas con el auxilio de estrellas dobles artificiales, han dado la seguridad de que esas evaluaciones son exactas próximamente en 0'',1. Struve, *über Doppelsterne nach Dorpater Beobacht.*, p. 29.

(43) Pág. 203.—Juan Herschell, *Viaje al Cabo*, p. 166.

(44) Pág. 203.—Struve, *Mens. microm.*, p. LXXVII-LXXXIV.

(45) Pág. 204.—Juan Herschell, *Outlines of Astron.*, p. 579.

(46) Pág. 204.—Para mirar el Sol á través de un anteojo se emplean cristales oscurecidos, teñidos de dos colores subidos, pero complementarios; obtiénense así imágenes blancas del disco solar. Durante mi larga permanencia en el Observatorio de París, Arago usaba ya cristales semejantes para observar los eclipses ó las manchas del Sol. Combínanse tambien dos cristales, uno de los cuales es rojo y el otro verde, ó el uno amarillo y el otro azul, ó tambien un matiz verde con violeta. «Cuando una luz fuerte está cerca de una luz débil, la última toma el color *complementario* de la primera. En esto consiste el *contraste*; pero como casi nunca está puro el rojo, puede decirse tambien con razon que el rojo es complementario del azul. Los colores próximos en el espectro solar se sustituyen.» (Arago *Manuscrito* de 1847).

(47) Pág. 204.—Arago, en el *Conocimiento de los Tiempos* para 1828, p. 299-300; en *la Astron. popul.*, t. I, p. 453-459. «Las escepciones que cito prueban que tenia razon en 1825, al introducir con la mayor reserva la nocion física del *contraste* en el problema de las estrellas dobles. El azul es el color real de ciertas estrellas. Resulta de las observaciones recogidas hasta aquí, que el firmamento no solo está sembrado de soles

rojos y *amarillos* como sabian los antiguos, sino que tambien lo está de soles *azules* ó *verdes*. Con el tiempo y por medio de observaciones futuras llegaremos á saber si las estrellas verdes ó blancas son ó nó soles en vias de decrecimiento; ó si los diferentes matices de esos astros, no indican que la combustion se verifica en ellos á diferentes grados; si la tintura, con esceso de los mas refrangibles rayos, que presenta frecuentemente la pequeña estrella, no dependerá de la fuerza absorbente de una atmósfera que desarrolle la accion de la estrella, ordinariamente mucho mas brillante, que la acompaña.» (Arago, en la *Astron. popul.*, t. I. p. 457-463).

(48) Pág. 204.—Struve, *über Doppelsternu nach Dorpater Beobachtungen*, 1837, p. 33-36 y *Mensuræ microm.*, p. LXXXIII; cuenta 63 pares en que las dos estrellas son azules ó azuladas y donde por consiguiente la coloracion no seria efecto del contraste. Cuando se llegan á comparar las apreciaciones de diferentes observadores, sobre los colores del mismo par, sorprenden las divergencias que se encuentran. Por ejemplo, un observador halla que la compañera de tal estrella roja ó naranjada es *azul*. mientras que otro observador le atribuirá el color *verde*.

(49) Pág. 205 —Arago en la *Astron. popul.*, t. I, p. 484-487.

(50) Pág. 205.—*Cosmos*, t. III, p. 118-122.

(51) Pág. 206.—«This superb double star (α del Centauro), is beyond all comparison the most striking object of the kind in the heavens, and consists of two individuals, both of a high ruddy or orange colour, though that of the smaller is of a somewhat more sombre and brownish, cast » Juan Herschell, *Viage al Cabo*, p. 300. Pero segun las bellas observaciones del capitan Jacob (Bombay Engineers) en 1846, 1847 y 1848, la estrella principal es de 1.ª magnitud y la compañera únicamente de 2.ª, 5 ó de 3.ª magnitud (*Transact. of tha Royal Soc. of Edinb.* t. XVI, 1849, p. 451).

(52) Pág. 206.—*Cosmos*, t. III, p. 154 y 166.

(53) Pág. 206.—Struve, *über Doppelst. nach Dorp. Beobacht.*, p. 33.

(54) Pág. 206.—La misma obra, p. 36.

(55) Pág. 207.—Mædler, *Astron.*, p. 517; J. Herchell, *Outlines of Astronomy*, p. 568.

(56) Hág. 207.—Cf. Mædler, *Untersuch. über die Fixstern-Systeme*, 1.ª parte, p.225-275; 2.ª parte, p. 235-240; el mismo en *Astron*, p. 541; J. Herschell, *Outlines*, p. 573.

(57) Pág. 207.—La ocultacion fue solo aparente y se debió á los falsos discos que conservan las estrellas en los mejores anteojos (*Cosmos*, t. III, p. 116). Segun los cálculos de Villarceau, la distancia aparente de los centros de las dos estrellas de ζ de Hércules no ha sido nunca inferior á 0'',5 (en 1793 y en 1830); ahora bien; los discos reales de las mas bellas estrellas son probablemente mucho mas pequeños que la mitad de esta distancia. Pero en ζ de Hércules, la estrella principal es de 3.ª magnitud y el satélite es de 6.ª á 7.ª magnitud; este último ha podido pues desaparecer en los rayos de la mayor, es decir, en su falso disco, en la época del menor perihelio aparente. Para η de la Corona, por el contrario, la distancia de las dos estrellas fue de 0'',4 en 1784 y hácia fines de 1850, y, sin embargo, no hubo ocultacion. Esas 2 estrellas son mucho mas pequeñas que ζ de Hércules; sus discos falsos son menores; ninguno de ellos coincide jamás con el otro, á pesar de una distancia menor aparente en el perihelio.

(58) Pág. 212.—Véase, para ξ de la Osa Mayor, p de Ofiuco, ζ de Hércules y η de la Corona, Yvon Villarceau en las *Adiciones al Conocimiento de los Tiempos* para 1851, y las *Memorias de la Acad. de Ciencias*, t. XXXII, p. 50.

(59) Pág. 213.—*Cosmos*, t. I, p. 70-74, 78 y 136; t. II, p. 320, t. III, p. 36-41, 126, 140 y 150.

(60) Pág. 213.—*Cosmos*, t. III, p. 179-181.

(61) Pág. 215.—*Cosmos*, t. I, p. 70.

(62) Pág. 216.—*Cosmos*, t. III, p. 80, 126, 252 y 277.

(63) Pág. 216.—En 1471, antes de la espedicion de Alvaro Becerra, avanzaron los Portugueses mas allá del ecuador. Véase Humboldt, *Examen crítico de la historia de la Geografía del nuevo Continente*, t. I, p. 290-292. Pero ya bajo los Lagidos, los antiguos á favor del monzon del Sud-Oeste llamado entonces *Hippalus*, habian establecido una senda comercial á través del Océano Indio, desde Ocelis sobre el estrecho de Bab-el-Mandeb, hasta el gran depósito de Muziris en la costa del Malabar y en Ceylan (*Cosmos*, t. II, p. 166). En todos esos viajes marítimos viéronse pero no se describieron las nubes de Magallanes.

(64) Pág, 216.—Juan Herschell, *Observations at the Cape of Good Hope*, § 132.

(65) Pág. 217.—*Cosmos*, t. II, p. 308 y 468 n.° 42. Galileo, que trata de esplicar el intervalo de los dos descubrimientos del 29 de diciembre de 1609 al 7 de enero de 1610, por la diferencia de los calendarios, pretende haber visto los satélites de Júpiter un dia antes que Simon Mario, y se deja llevar de su fogosidad habitual, contra lo que llama «Bugia del impostore *erético Guntzenhusano*» y llega hasta decir «Che molto probabilmente il eretico Simon Mario, non ha osservato giammai i Pianeti Medicei.» Véase *Opere di Galileo Galilei*, Padova, 1744, t. II, p. 235-237, y Nelli, *Vita e Commerceo lettario di Galilei*, 1793, t. I, p. 240-246. El mismo *erético* se habia espresado sin embargo con mucha sencillez y modestia sobre el alcance de su descubrimiento: «Hæc Sidera (Brandemburgica) a nullo mortalium mihi ulla ratione commonstrata, sed propria indagine sub ipsissimum fere tempus vel aliquanto citius quo Galilæus in Italia ea primum vidit a me in Germania adinventa et observata fuisse. Merito igitur Galilæo tribuitur et manet laus primæ nventionis horum siderum apud Italos. An autem inter meos Germanos quispiam ante me ea invenerit et viderit, hactenus intelligere non potui.»

(66) Pág. 217.—*Mundus Jovialis anno* 1609 *detectus ope perspicilli Belgici*, Noribergæ, 1614.

(67) Pág. 217.—*Cosmos*, t. II, p, 319.

(68) Pág. 218.—*Cosmos*, t. III. p. 129.

(69) Pág. 218.—«Gallilei notó che le Nebulose di Orione null' altro erano che mucchi e coacervazioni d'innumerabili stelle.» Nelli, *Vita di Galilei*, t. I, p. 208.

(70) Pág. 219.—«In primo integram Orionis Constellationem pingere decreveram; vero, ab ingenti stellarum copia, temporis vero inopia obrutus, aggressionem hanc in aliam occasionem distuli.—Cum nom tantum in Galaxia lacteus ille candor veluti albicantis nubis spectetur, sed *complures consimilis coloris areolæ sparsim per æthera subfulgeant*, si in illarum quamlibet specillum convertas, Stellarum constipatarum coetum offendes. Amplius (quod magis mirabile) Stellæ, ab Astronomis singulis in hanc usque diem *Nebulosæ* apellatæ, Stellarum mirum in modum consitarum greges sunt: ex quarum radiorum commixtione, dum unaqnaque ob exilitatem, seu maximam a nobis remotionem, oculorum acien fugit, candor ille consurgit, qui densior pars cœli, Stellarum aut Solis radios retorquere valens, hucusque creditus est.» *Opere di Galileo Galilei*, Padova, 1744, t. II, p. 14 y 15; *Sidereus Nuntius*, p. 13, 15 y 35.

(71) Pág. 219.—Véase el *Cosmos*, t. III, p. 229, nota 91. Debo recordar

á este propósito la viñeta con que termina la introduccion de Hevelio en su *Firmamentum Sobescianum*, publicado en 1687. Representa tres genios, dos de los cuales miran al cielo con el Sestante de Hevelio y responden al tercero que tiene un telescopio y parece ofrecérselo: Præstat nudo oculo!

(72) Pág. 219.—Huyghens, *Systema Saturnium*, en sus *Opera varia*, Lugd. Batav. 1724, t. II, p. 423 y 593.

(73) Pág. 220.—«En las dos nebulosas de Andrómeda y de Orion, dice Domingo Cassini, he visto estrellas que no se distinguen con los anteojos comunes. Ignoramos si habrá anteojos bastante grandes para que toda la nebulosidad pudiera resolverse en pequeñas estrellas, como sucede á las de Cáncer y Sagitario,» (Delambre, *Historia de la Astronomia moderna*, t. II, p. 700 y 744).

(74) Pág. 220.—*Cosmos*, t. I, p. 381, nota 96.

(75) Pág. 220.—Sobre las semejanzas y las desemejanzas de las ideas de Lambert y de Kant, y sobre las épocas de sus publicaciones respectivas, véase Struve, *Estudios de Astronomia Estelar*, p. 11, 13 y 21, notas 7, 15 y 33. La obra de Kant, titulada *Allgemeine Naturgeschichte un Theorie des Himmels*, fué publicada en 1755 anónima, y dedicada al gran Federico. La *Fotometria* de Lambert apareció en 1760, como he dicho antes, y á esta siguieron en 1761, sus Cartas cosmológicas acerca de la estructura del Mundo.

(76) Pág. 221.—«Those Nebulæ, dice Juan Michell, en las *Philosophical Transactions* for 1767 (t. LVII, p. 251), id which we can discover either none, or only a few stars even with the assistance of the best telescopes, are probably systems, that are still more distant thant the rest.»

(77) Pág. 221.—Messier, en las *Memorias de la Academia de Ciencias*, 1771, p. 435, y en el *Conocimiento de los tiempos* para 1783 y 1784. El catálogo contiene 103 objetos.

(78) Pág. 222.—*Philos. Transact.*, t. LXXVI, LXXIX y XCII.

(79) Pág. 222.—«The Nebular hypothesis, as it has been termed, and the theory of sidereal aggregation stand in fact quite independent of each other.» (Juan Herschell, *Outlines of Astronomy*, p. 599).

(80) Pág. 222.—Los objetos de que hablo en ese pasaje son los que llevan los n.os 1, 2307 en el Catálogo europeo ó Catálogo del Norte, publicado

en 1833, y los n.os 2308, 4015 en el Catálogo africano ó Catálogo del Sud. Véase Sir John Herschell, *Cape Observations*, p. 51-128.

(81) Pág. 222.—Dunlop, en las *Philos. Transact.* for 1828, p. 113-150.

(82) Pág. 222.—Véase el *Cosmos*, t. III, p. 63.

83) Pág. 223.—Véase *An Account of the Earl of Rosse's great Telescope*, p. 14-17, donde se cita la lista de las nebulosas resueltas en el mes de Marzo de 1845, por el doctor Robinson y South: «Dr. Robinson could not leave this part of his subject without calling attention to the fact, that no real nebula seemed to exist among so many of these objects chosen without any bias: all *appeared* to be clusters of stars, and every additional one which shall be resolved will be an additional argument against the existence of any such.» Véase Schumacher's *Astronomische Nachrichten*, núm. 536. Léese en la Memoria sobre los grandes telescopios de Oxmantown, hoy conde de Rosse *(Biblioteca universal de Ginebra,* t. LVII, 1845, p. 342-357): «South dice que jamás vió representaciones siderales tan magníficas como la que le presentó el instrumento de Parsonstown; que una gran parte de las nebulosas se presentaban como haces ó grupos de estrellas, mientras que algunas otras á sus ojos por lo menos, no mostraban apariencia ninguna de resolucion en estrellas.»

(84) Pág. 223.—*Report of the fifteenth Meeting of the Briish Association*, held at Cambridge in June 1845, p. 36, y *Outlines of Astron*, p. 597 y 598. «By far the major part, dit sir John Herschell, probably at least nine-tenths of the nebulous contents of the heavens consist of nebulæ of spherical or elliptical forms, presenting every variety of elongation and central condensation. Of these a *great number* have been resolved into into distant stars (by the Reflector of the Earl of Rosse), and a vast number more have been found to possess that mottled appearence, which renders it almost a matter of certainty that an increase of optical power would show them to be similarly composed. A not unnatural or unfair induction would therefore seen to be, that those which resist such resolution, do so only in consequence of the smallness and closeness of the stars of which they consist; that, in short, they are only optically and not physically nebulous.—Although nebulæ do exist which even in this powerful telescope (of lord Rosse) appear as nebulæ, without any sign of resolution, it may very reasonably be doubted whether there be really any essential physical distinction between nebulæ and clusters of stars.»

(85) Pág. 223.—El doctor Nichol, profesor de Astronomía en Glasgow,

publicó esta carta, fechada en el castillo de Parsonstown, en sus *Thoughts of some importat points relating to the System of the World*, 1846, p. 55: «In accordance with my promise of communicating to you the result of our examination of Orion, I think I may safely say, that there can be little, if any doubt as to the resolvability of the Nebula. Since you left us, there was not a single night when, in the absence of the moon, the air was fine enough to admit of our using more than half the magnifying power the speculum bears: still we could plainly see that all about the nebula also abounding with stars, and exhibiting the characteristics of resolvability strongly marked.»

(86) Pág. 224.—Vease *Edinburgh Review*, t. LXXXVII, 1848, p. 186.

(87) Pág. 225.—*Cosmos*, t. III, p. 131.

(88) Pág. 225.—*Cosmos*, t. III, p. 34.

(89) Pág. 225.—Newton, *Philosophiæ naturalis Principia mathematica*, 1760, t. III, p. 671.

(90) Pág. 225.—*Cosmos*, t. I, p. 126.

(91) Pág. 225.—*Cosmos*, t. I, p. 381, nota 96.

(92) Pág. 226.—Juan Herschell, *Cape Observations*, § 109-111.

(93) Pág. 227.—Son necesarias algunas observaciones, á fin de que se sepa sobre qué fundamentos descansan esas enumeraciones. Los tres catálogos de G. Herschell contienen 2,500 objetos, á saber: 2,303 nebulosas y 197 grupos de estrellas (Mædler, *Astronomia*, p. 448); esos números han variado en el censo posterior y mucho mas exacto de Juan Herschell (*Observations of nebulæ and Clusters of stars*, made at Slough, with a twenty-feet Reflector, between the years 1825 and 1833 insertados en las *Philosophical Transactions* for the year 1833, p. 365-481.) 1800 objetos eran identicos con otros contenidos en los tres primeros catálogos, tres ó cuatrocientos fueron provisionalmente escluidos y reemplazados por mas de otros quinientos descubiertos nuevamente cuya ascension recta y declinacion se determinó (Struve, *Astronomia estelar*, p. 48). El Catálogo del Norte comprende 152 grupos estelares; por consiguiente, las nebulosas que hay en él son en número de 2,307 — 152 = 2,155. De los 1,708 objetos comprendidos en el catálogo del Sud (4,015—2,307), y entre los cuales se cuentan 236 grupos de estrellas, es preciso rebajar 233 nebulosas (89+135+9), como pertenecientes ya al catálogo del Norte, y observadas, en Slough por G. Herschell y Juan, y en Paris,

por Messier. Véase *Cape Observations*, p. 3, §§ 6 y 7, y [p. 128. Queda aun para el catálogo del Sud un total de 1,708—233=1,475 objetos que se descòmponen en 1,239 nebulosas y 236 grupos de estrellas. Es preciso, por el còntrario, añadir á los 2,307 objetos del catálogo de Slough 135+9=144, lo que forma un conjunto de 2,451 objetos distintos, de los cuales, restando 152 clusters, quedan 2.229 nebulosas. Es cierto que para esos números no se han guardado de una manera rigurosa los límites del horizonte visible en Slough. El autor de este libro está tan íntimamente persuadido del interés que presentan en la topografía del firmamento, las relaciones numéricas de los dos hemisferios, que no cree deber despreciar los números sujetos á variacion, segun la diferencia de las épocas y los progresos de la observacion. Entra necesariamente en el plan de un libro sobre el *Cosmos* representar la suma de los conocimientos humanos en una época determinada.

(94) Pág. 227.—Léese en las *Cape Observations*, p. 134: «Tere are between 300 and 400 nebulæ of sir William Herschell's Catalogue still unobserved by me, for the most part very faint objects...»

(95) Pág. 227.—*Cape Observ.*, § 7. Véase tambien el *Catalogue of nebulæ and Clusters of the Southern Hemisphere*, por Dunlop, en las *Philosophical Transactions* for 1828, p. 1141-46.

(96) Pág. 227.—*Cosmos*, t. III, p. 203.

97) Pág. 228.—*Cape Observations*, §§ 105-107.

(98) Pág. 228.—In this *Region of Virgo,* occupying about one-eigth of the whole surface of the sphere, one-third of the entire nebulous contents of the heavens are congregated (*Outlines of Astronomy*, p. 596.)

(99) Pág. 229.—Véase acerca de esta region estéril (barren region), *Cape Observations*, § 101, p. 135.

(100) Pág. 229.—Estos datos numéricos están fundados en el total de las cifras suministradas por la proyeccion del hemisferio septentrional. Véese *Cape Observations*, l. XI.

(1) Pág. 230.—Humboldt, *Examen crítico de la historia de la Geografia del nuevo continente*, t. IV, p. 319. En la larga série de viajes marítimos que, gracias á la influencia del infante D. Enrique, emprendieron los Portugueses á lo largo de las costas occidentales del Africa, para penetrar hasta el Ecuador, el Veneciano Cadamosto, cuyo verdadero nombre era Alviso de Ca da Mosto, es el primero que despues de la reunion con An-

toniotto Usodimare, en la embocadura del Senegal, en 1454, se ocupó de buscar una estrella polar austral. «Puesto que todavía distingo la estrella polar boreal, decia cuando se hallaba á los 13° de latitud Norte, no puedo ver la polar del Sud; la constelacion que diviso en esta direccion es el Carro del ostro (el Carro del Sud).» Véase Aloysii Cadamosto *Navigazione*, cap. 43, p. 32; Ramusio, *delle Navigazioni e Viaggi*, t. I, p. 107. Cadamosto habíase, pues, formado un Carro con algunas grandes estrellas de la Nave. La idea de que los dos polos tenian cada uno un carro parece que se estendió tanto por esta época, que en el *Itinerarium Portugallense* publicado en 1,500 (fól. 23, b.), y en el *Novus Orbis* de Grynæus (1532, p. 58) se representó como observada por Cadamosto una constelacion semejante en un todo á la Osa menor, y en cuyo lugar está figurada caprichosamente la Cruz del Sud, en las *Navigazioni* de Ramusio (t. I, p. 19) y en la nueva coleccion de *Noticias para a hist. e geogr. dos Naçoes Ultramarinas* (Lisboa, 1812, t. II, cap. 39, p. 57). Véase Humboldt, *Examen critico*, etc., t. V, p. 286. Como era costumbre en la edad media (probablemente con el fin de reponer en el Pequeño Carro, los dos bailarines de Higinio, χορευταί, los mismos que los Ludentes del escoliasta de Germanico, ó los custodios de Vegecio) considerar las estrellas β y γ de la Osa menor como los Guardias (le due Guardie, the Guards) del polo Norte al rededor del cual describen un movimiento circular, y esta denominacion, así como tambien la costumbre de valerse de los dos Guardias para determinar la altura del polo Norte se habian estendido en los mares septentrionales, entre los pilotos de todas las naciones europeas, se llegó por falsas analogías á reconocer en el hemisferio austral lo que hacia tanto tiempo que se buscaba. (Pedro de Medina, *Arte de navegar*, 1545, lib. V, cap. 1-7, p. 183-195). Durante el segundo viaje de Américo Vespucio, verificado en el intervalo del mes de Mayo de 1499 fué cuando este navegante y Vicente Yañez Pinzon, cuyo viaje es quizás idéntico al suyo, llegaron hasta el cabo de San Agustin en el hemisferio austral, y se dedicaron por primera vez y sin resultado á buscar una estrella visible en la proximidad inmediata del polo Sud. Véase Bandini, *Vita e Lettere di Amerigo Vespucci*, 1745, p. 70; Anghiera, *Oceanica*, 1510, dec. I, lib. 9, p. 96; Humboldt, *Examen critico*, etc., t. IV, p. 205, 319 y 325. El polo Sud estaba situado entonces en la constelacion del Octante, de suerte que β de la Pequeña Hidra, hecha la reduccion segun el catálogo de Brisbane, estaba aun á 80° 5′ de declinacion austral. «Mientras que yo me entregaba á las maravillas del cielo austral y buscaba en vano una estrella polar, dice Vespucio en la carta á Pietro Francesco de Medici, recordaba las palabras del *Dante* cuando en el primer libro del *Purgatorio* fingiendo pasar de un hemisferio á otro, quiere describir el polo antártico, y dice:

Io mi volsi a man destra...

Duélome de que en estos versos haya querido el poeta designar por sus cuatro estrellas (non viste mai fuor ch' alle prima gente), el polo del otro firmamento. Tengo tanta mayor certeza, cuanto que he visto con efecto cuatro estrellas, que juntas forman una especie de *mandorla* y animadas de un movimiento apenas perceptible.» Vespucio cree que la Cruz del Sud es la *Croce mrravigliosa* de Andrea Corsali, cuyo nombre desconocia entonces, pero que aprovecharon despues todos los pilotos para la investigacion del polo Sud y para las determinaciones de latitud, como en el polo Norte, β y γ de la Osa menor. Véase una carta de Cochin, fecha del 6 de Enero de 1515, insertada en la coleccion de Ramusio, t. I, p. 177; las *Mémorias de la Acadèmie de Ciencias* (de 1666 á 1699) t. VII, 2.ª parte. Paris, 1729, p. 58; Pedro de Medina, *Arte de Navegar*, 1545. lib. V, cap. 11, p. 204, y véase el análisis que he dado del célebre pasaje del Dante en el *Examen crítico* etc., t. IV, p. 319-334. He hecho notar en ese pasaje que α de la Cruz del Sud, de la cual se ocuparon en Paramatta, Dunlop en 1826, y Rümker, en 1836, pertenece al número de las estrellas que han sido primeramente reconocidas como sistemas múltiples, por los jesuitas Fontaney, Noël y Richaud (1781 y 1787). Véase la *Historia de la Academia* (1686 á 1699) t. II. Paris 1733, p. 19; *Mèmorias de la Academia* (de 1666 á 1699), t. II, 2.ª parte. Paris, 1729, p. 206; *Cartas édificantes*, rec. VII, 1703, p. 79. Este descubrimiento tan precoz de estrellas binarias mucho antes de que se hubiera reconocido como tal, ζ de la Osa mayor, es tanto mas notable, cuanto que 70 años despues, Lacaille describió la α de la Cruz sin mencionar su cualidad de estrella doble, probablemente, como la hipótesis Rümker, porque la estrella principal y la compañera estaban entonces muy poco distantes entre sí. Véase Juan Herschell, *Cape Observations*, §§ 183-185; *Cosmos*, t. III, p. 197. Casi al mismo tiempo en que se comprobaba el doble carácter de α de la Cruz, registraba Richaud tambien entre las estrellas dobles α del Centauro; era esto 19 años antes del viaje de Feuillée, al cual atribuye Henderson erroneamente este descubrimiento. Richaud hace observar que cuando apareció el cometa de 1689, las dos estrellas de que se compone α de la Cruz estaban muy separadas entre sí; pero que en un refractor de 12 pies, parecia que casi se tocaban las dos partes de α del Centauro, aunque fáciles de reconocer.

(2) Pág. 231.—*Cape observations*, §§ 44 y 104.

(3) Pág. 231.—Véase el *Cosmos*, t. III, p. 128. Sin embargo, como hemos notado al tratar de los grupos stelares (*id.*, 130), M. Bond ha hallado en los Estados-Unidos el medio de resolver completamente, gracias á la fuerza penetrante de su refractor, la nebulosidad elíptica y muy prolongada de Andrómeda, que segun Boulliaud, habia sido descrita an-

tes de Simon Mario, en 985 y en 1428, y que presenta un resplandor rojizo. Cerca de esta célebre nebulosa se encuentra otra no resuelta hasta aquí, aunque por su configuracion sea muy análoga con la de Andrómeda, y que fué descubierta el 27 de Agosto de 1783 por Carolina Herschell, muerta en edad muy avanzada y respetada de todo el mundo. Véanse las *Philosophical Transactions*, 1833, núm. 61 del Catálogo de las nebulosas, fig. 52.

(4) Pág. 231.—*Philosophical Transactions*, 1833, p. 494, l. IX, figura 19-24.

(5) Pág. 232.—Juan Herschell llama á esas nebulosas *Annular nebulæ*. (*Cape Observations*, p. 53; *Outlines of Astron.*, p. 602), y Arago, *Nbulosas perforadas* (*Astronomia popular*, t. I, p. 509). Véase tambien Bond, en las *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, núm. 611.

(6) Pág. 232.—*Cape Observations*, p. 144, l. VI, fig. 3 y 4. Véase tambien el núm. 2,072 en las *Philosoph. Transactions*, for 1833, p. 466. Los dibujos que hizo Rosse de la nebulosa perforada de la Lira, y de la singular nebulosidad á que dió el nombre de Crab-nebula, se encuentran en la obra de Nichol: *Thoughts on the System of the World*, p. 21, lám. IV, y p. 22, lám. I, fig. 5.

(7) Pág. 233.—Si se considera la nebulosa planetaria de la Osa mayor como una esfera, y «si se la supone, dice Juan Herschell, alejada de la Tierra una distancia igual á la de la 61 del Cisne, su diámetro aparente, que es de 2′ 40″, implica un diámetro real siete veces mayor que la órbita de Neptuno.» (*Outlines of Astron.*, § 876.)

(8) Pág. 233.—*Outlines*, ibid.; *Cape Observations*, § 47. Una estrella de octava magnitud, de un rojo anaranjado, existe cerca de núm. 3,365; pero la nebulosidad planetaria no deja conservar el calor oscuro del añil, cuando la estrella roja no está en el campo del telescopio. El color de la nebulosa no es, pues, efecto del contraste.

(9) Pág. 233.—*Cosmos*, t. III, p. 121 y 204. La estrella principal y la compañera son azules ó azuladas en mas de 63 estrellas dobles. Pequeñas estrellas del color de añil están mezcladas con el magnífico grupo estelar matizado de diferentes colores, que lleva el núm. 3,435 en el Catálogo del Cabo, y el núm. 301 en el de Dunlop. Existe en el hemisferio austral bajo el núm. 573 del Catálogo de Dunlop, bajo el núm. 3,370 de el de Juan Herschell, un grupo estelar de un azul uniforme, que no tiene menos de 3′ 1/2 de diámetro, con dos proyecciones de 8′ de longitud. Las

estrellas que le componen están entre la 14 y la 16 magnitud (*Cape Observations*, p. 149.)

(10) Pág. 233.—*Cosmos*, t. I, p. 72. Véase tambien *Outlines of Astron.*, § 877.

(11) Pág. 234.—Acerca de la complicacion de las relaciones dinámicas en las atracciones parciales que se operan en el interior de un grupo esférico de estrellas, el cual, visto á través de telescopios pequeños, parece ser una nebulosa redondeada y mas condensada hácia el centro, véase Juan Herschell, *Outlines of Astron.*, §§ 866 y 872, y *Cape Obeervations*, §§ 44 y 111-113; *Philosophical Transactions*, for 1833, p. 501, *Address of the President*, en la *Raport of the fifteenth Meeting of the British Association*, 1845, p. xxxvii.

(12) Pág. 235.—Mairan, *Tratado de la Aurora boreal*, p. 263; Arago, *Atronomia popular*, t. I, p. 528 á 540.

(13) Pág. 235.—Todos los demas ejemplos de estrellas nebulosas están comprendidos entre la 8.ª y la 9.ª magnitud. Tales son los números 311 y 450 del Catálogo de 1833 (fig. 31), cuyas fotósferas tienen un diámetro de 1′ 30″. Véanse *Outlines of Astron.*, § 879.

(14) Pág. 235.—*Cape Observations*, p. 117, núm. 3,727, l. VI, fig. 16.

(15) Pág. 235.—Las formas mas notables de nebulosas irregulares son: 1.° una nebulosa en forma de omega, cuyo dibujo puede verse en las *Cape Observations*, lám. II, fig. 1.ª, núm. 2,008, y que ha sido estudiada tambien, y descrita por Lamont, así como por un jóven astrónomo de la América septentrional arrebatado demasiado pronto á la ciencia, Mason, en las *Memoirs of the Americ. Philosoph. Society*, t. VII, p. 177; 2.° una nebulosa en la cual se cuentan de 6 á 8 núcleos. (*Cape Observations* p. 19, lám. III, fig. 4); 3.° las nebulosas semejantes á cometas que afectan la forma de matorrales, desde donde los rayos nebulosos emanan alguna vez como de una estrella de 9.ª magnitud (*ibid*, lám. VI, fig. 18, núm. 2,534 y 3,688); 4.° una nebulosa en forma de silueta (lám. IV, fig. 4, núm. 3,075); 5.° una nebulosa filiforme, encerrada en una hendidura (l. IV. fig. 2, núm. 3,501). Véase tambien *Cape Observat.*, § 121; *Outlines of Astron.*, § 883.

(16) Pág. 236.—*Cosmos*, t. III, p. 133; *Outlines of Astron.*, § 785.

(17) Pág. 236.—*Cosmos*, t. I p. 136 y 385, nota 13. Véase tambien la 1.ª

edicion del *Treatise on Astronomy*, de Juan Herschell, publicado en 1833 en el *Cabinet Cyclopædia* de Lardner, y traducido en francés por Cournot (§ 616), y Littrow, *Theoretische Astronomie*, 1834, 2.ª parte, § 234.

(18) Pág. 236.—Véase *Edinburgh Review*, enero 1848, p. 187, y *Cape Observations*, §§ 96 y 107. «A zone of nebulæ, dice Juan Herschell, encircling the heavens, has so many interruptions, and is so faintly marked out through by far the greater part of the circumference, that its existence as such can be hardly more than suspected.»

(19) Pág. 237.—No existe duda alguna, escribe el doctor Gall, de que en el dibujo de Galileo que me habeis enviado (*Opere di Galilei*, Padova, 1744, t. II, p. 14, n.º 20), están comprendidos el Tahalí y la Espada de Orion, y por consiguiente la estrella *θ*. Pero los objetos están representados allí de una manera tan inexacta que apenas si se encuentran las tres pequeñas estrellas de la Espada, cuyo centro ocupa *θ*, y que á simple vista parecen colocadas en línea recta. Creo que habeis marcado bien la estrella *ι*, y que la estrella brillante que se halla colocada á la derecha, ó la que está inmediatamente sobre ella, es *θ*. Galileo dice terminantemente: «In primo integram Orionis Constellationem pingere decreveram; verum ab ingenti stellarum copia, temporis vero inopia obrutus, aggressionem hanc in aliam occasionem distuli.» Las observaciones de Galileo acerca de la constelacion de Orion son tanto mas dignas de interés, cuanto que las 400 estrellas esparcidas sobre 10º de latitud, que creia distinguir entre el Tahalí y la Espada, llevaron mas tarde á Lambert á su cálculo erróneo de 1.650,000 estrellas, en toda la estension del firmamento. Véase Nelli, *Vita di Galilei*, t. I, p. 208; Lambert, *Cosmologische Briefe*, 1760, p. 155; Struve, *Astronomia estelar*, p. 14 y nota 16.

(20) Pág. 237.—*Cosmos*, t. II, p. 320.

(21) Pág. 238.—«Ex his autem tres illæ pene inter se contiguæ stellæ, cumque his aliæ quatuor, velut trans nebulam lucebant: ita ut spatium circa ipsas, qua forma hic conspicitur, multo illustrius appareret reliquo omni cœlo; quod cum apprime serenum esset ac cerneretur nigerrimum, velut hiatu quodam interruptum videbatur, per quem in plagam magis lucidam esset prospectus. Idem vero in hanc usque diem nihil immutata facie sæpius atque eodem loco conspexi; adeo ut perpetuam illic sedem habere credibile sit hoc quidquid est portenti: cui certe simile aliud nusquam apud reliquas fixas potuit animadvertere. Nam ceteræ nebulosæ olim existimatæ, atque ipsa via lactea, perspicillo inspectæ, nullas nebulas habere comperiuntur, neque aliud esse quam plurium stellarum congeries et frequentia» (Christiani Hugenii *Opera varia*, Lugd. Batav., 1724,

p. 540 y 541). El aumento que Huyghens aplicó á su refractor de 23 piés no era, segun su misma apreciacion, mas que de 100 veces (*ibid.*, p. 538). ¿Las «quatuor stellæ trans nebulam lucentes» son las estrellas del Trapecio? El pequeño dibujo, toscamente hecho, que el autor acompaña á su libro (tab. XLVII, fig. 4, phœnomenom in Orione novum), representa únicamente un grupo de esas estrellas; allí se ve tambien, en verdad, una escotadura ó corte que puede tomarse por el Sinus magnus; quizá no se ha querido indicar mas que las tres estrellas del Trapecio que están comprendidas entre la 4.ª y la 7.ª magnitud. Domingo Cassini se vanagloriaba de haber sido el primero que vió la 4.ª estrella.

(22) Pág. 238.—G. Cranch Bond, en las *Transactions of the American Academy of Arts and Sciences*, nueva série, t. III, p. 87-96.

(23) Pág. 238.—*Cape Observations*, §§ 54-69, lam. VIII; *Outlines of Astronomy*, §§ 837 y 885, lam. IV, fig. 1.

(24) Pág. 238.—Juan Herschell, en las *Memoirs of the Astronom. Society*, t. II, 1824, p. 487-495; lam. VII y VIII. El segundo dibujo indica la nomenclatura de las diferentes regiones entre las cuales puede distribuirse la nebulosidad de Orion, observada sucesivamente por un gran número de astrónomos.

(25) Pág. 239.—Delambre, *Historia de la Astronomia moderna*, t. II, p. 700. Cassini colocaba la aparicion de esta 4.ª estrella, «aggiunta della quarta stella alle tre contigue», entre los cambios que habia esperimentado durante su existencia la nebulosidad de Orion.

(26) Pág. 239.—«It is remarkable that within the area of the Trapezium no nebula exists. The brighter portion of the nebula immediately adjacent to the Trapezium, forming the square front of the head, is shown with 18-inch reflector broken up into masses, whose mottled and curdling light evidently indicates by a sort of granular texture its consisting of stars; and when examined under the great ligh of lord Rosse's reflector or the exquisite defining power of the great achromatic at Cambridge, U. S., is evidently perceived to consist of clustering stars. There can therefore be little doubt as to the whole consisting of stars, to minute to be discerned individually even with the powerful aids, but which become visible as points of light when closely adjacent in the more crowded pars.» (*Outlines of Astron.*, p. 609. G. C. Bond, que empleaba un refractor de 23 piés, provisto de un objetivo de 14 pulgadas, dice: «There is a great diminution of light in the interior of the Trapezium, but no

suspicion of a star.» (*Memoirs of the Americ Academy*, Nueva série, t. III, página 93).

(27) Pág. 239.—*Philosophical Transactions* for the year 1711, t. CI, página 324.

(28) Pág. 240.—«Such is the general blaze from that part of the sky, dice el capitan Jacob, that a person is immediatèly made aware of its having risen above the horizon, though he should not be at the time looking at the heavens, by the increase of general illumination of the atmosphere, resembling the effect of the young moon.» *Transact. of the Royal Society of Edinburg*, t. XVI, 1849, 4.ª part., p. 445.

(29) Pág. 240.—*Cosmos*, t. III, p. 168-171.

(30) Pág. 240.—*Cape Observations*, §§ 70-90, lam. IX; *Outlines of Astronomy*, § 887, lam. IV, fig. 2.

(31) Pág. 240.—*Cosmos*, t. II, p. 171.

(32) Pág. 241.—*Cape Observations*, § 24, lam. I, fig. 1, n.º 3,721 del Catálogo; *Outlines of Astronomy*, § 888.

(33) Pág. 241.—La determinacion parcial de la nebulosa del Cisne es: Asc. recta, 20^h 49′, Declin. del polo norte, 58° 27 (*Outlines of Astron.*, § 891). Vease tambien el Catálogo de 1833, n.º 2,092, lam. XI, fig. 34.

(34) Pág. 241.—Compárese el dibujo de la lam. II, fig. 2, con los de la lam. V, en los *Thoughts on some important points relating to the System of the World*, por el doctor Nichol, profesor de astronomía en Glasgow, 1846, p. 22. «Lord Rosse, dice Juan Herschell, en las *Outlines of Astron.* (p. 607), describes and figures this nebula as resolved into numerous stars with *intermixed nebula*...

(35) Pág. 242.—*Cosmos*, t. I, p. 136 y 285, nota 11.

(36) Pág. 242.—Véase *Report of the fifteenth Meeting of the British Association for the advancement of Science*; Noticias, p. 4, y Nichol, *Thoughts on some important points*, etc., teniendo cuidado de comparar la lam. II, figura 1, con la lam. VI. Léese en las *Outlines of Astron.*, § 882: «The whole, if not clearly resolved into stars, has a resolvable character, which evidently indicates its composition.»

(37) Pág. 242.—*Cosmos*, t. I, p 71 y 360; nota 32.

(38) Pág. 242.—Véase Lacaille, en las *Memorias de la Academia de Ciencias*, año 1755, p. 195. Solo en una sensible confusion puede aplicarse á los *Sacos de carbon* el nombre de Manchas Magallánicas ó Nubes del Cabo, como lo hacen Horner y Littrow.

(39) Pág. 243.—*Cosmos*, t. II, p. 283 y 451; nota 6.

(40) Pág. 244.—Ideler, *Untersuchungen uber den Ursprung und die Bedeutung der Sternnanem*, 1809, p. XLIX y 262. El nombre de Abdurrahman Sufi, abreviado así por Ulugh Beigh, era primitivamente Abdurrahman Ebn-Omar Ebn-Mohammed Ebn-Sahl Abou'l Hassan El-Sufi el-Razi: Ulugh Beigh, que como Nassir-eddin rectificó en 1437, las posiciones de las estrellas de Tolomeo, por sus observaciones personales, confiesa haber tomado á Abdurrahman Sufi 27 posiciones de estrellas meridionales, que no eran visibles en Samarcanda.

(41) Pág. 245.—Véanse mis investigaciones sobre el descubrimiento de la punta meridional del Africa y sobre las aserciones del cardenal Zurla y del conde Baldelli, en el *Examen critico de la Historia de la Geografia del nuevo Continente*, t. I, p. 229-348. Diaz, ¡cosa singular! descubrió el cabo de Buena-Esperanza, llamado por Martin Behaim «Terra fragosa» y no «Cabo tormentoso» por el Este, viniendo en el momento en que salia de la bahía de Algoa, situada á los 33° 47′ de latitud meridional, mas de 7° 18′ al Este de la bahía de la Tabla. Véase Lichtenstein, en el *Vaterlandisches Museum*, Hambourg, 1810, p. 372-189.

(42) Pág. 245.—El descubrimiento importante y muy poco apreciado de la estremidad meridional del nuevo continente que el Diario de Urdaneta designa por las palabras características «Acabamiento de Tierra,» *lugar donde muere la tierra*, pertenece á Francisco de Hoces, que mandaba uno de los navíos de la espedicion dirigida en 1525 por Loaysa. Vió probablemente una parte de la Tierra de Fuego al Oeste de la isla de los Estados; porque el cabo de Hornos está situado, segun Fitz Roy, á 55° 58′ 41″. Véase tambien Navarrete, *Viajes y descubrimientos de los Españoles*, t. V, p. 28 y 404.

(43) Pág. 246.—Humboldt, *Exámen critico*, etc., t. IV, p. 205 y 295-316; t. V, p. 225-229 y 325. Véase Ideler, *Uber die Sternnamen*, p. 346.

(44) Pág. 246.—Pedro Martir Anghiera, *Oceanica*, dec. III, lib. 1, p. 217. Estoy en condiciones de establecer, segun los resultados numéricos dados por Anghiera (dec. II, lib. 10, p. 204 y Dec. III, lib. 10, p. 232), que la parte de las *Oceanica*, en la cual se trata de las Nubes de Magallanes, fué

escrita en 1414 y 1416, por consiguiente inmediatamente despues de la espedicion de Juan Diaz de Solis al Rio de la Plata, llamado en aquella época Rio de Solis (una mar dulce). La latitud que indíca Anghiera es mucho mas alta.

(45) Pág. 247.—*Cosmos*, t. II, p. 283 ; t. III, p. 102-129.

(46) Pág. 248.—*Cosmos*, t. I, p. 71 y 360, nota 32. Véase tambien en las *Cape Observations* (p. 143-164), las dos nubes de Magallanes, tal como aparecen á la simple vista (lam. VII), el análisis telescópico de la Nubecula major (lam. X), y el dibujo particular de la Nebulosa del Dorado (lam. II fig. 4), y véase *Outlines of Astron.*, §§ 892-896, lam. V, fig. 1, y Dunlop, en las *Philos. Transactions* for 1828, 1.ª parte, p. 147-151. Las opiniones de los primeros observadores eran hasta tal punto erróneas, que el jesuita Fontaney, al cual atendia mucho Domingo Cassini, y que ha enriquecido la ciencia con gran número de observaciones importantes en la India y en China, escribia tambien en 1685: «La grande y la pequeña Nube son dos cosas singulares, no parecen en modo alguno un conjunto de estrellas, como Præsepe Cancri, ni un resplandor oscuro, como la nebulosa de Andrómeda. No se vé en ellas apenas nada con anteojos muy grandes, aunque sin este auxilio se las vé muy blancas, particularmente la mayor.» (Carta del Padre Fontaney al padre de la Chaise, confesor del Rey, en las *Cartas edificantes*: Rec. VII, 1703, p. 78, y en la *Historia de la Academia de Ciencias* (de 1686 á 1669), t. II, Paris, 1733, p. 19. Me he referido únicamente en la descripcion de las Nubes Magallánicas al trabajo de Juan Herschell.

(47) Pág. 248.—*Cosmos*, t. III, p. 131.

(48) Pág. 248.—*Cosmos*, t. III, p. 129.

(49) Pág. 250.—Véase en las *Cape Observations*, §§ 20-23 y 133, el bello dibujo de la lam. II, fig. 4, y un pequeño mapa especial unido al análisis geográfico, lam. X. Véase tambien *Outlines of Astronomy*, § 896, lam. V, fig. 1.

(50) Pág. 251.—*Cosmos*, t. II, p. 283.

(51) Pág. 251.—*Memorias de la Academia de Ciencias* (de 1666 á 1699), t. VII, 2.ª parte, Paris, 1729, p. 206.

(52) Pág 251.—Carta dirigida de Santa Catalina á Olbers, en el mes de enero de 1804, en la Coleccion de Zach, titulada: *Manotliche Cor-*

respondenz zur Befordniss der Erd-und Himmels-Kunde, t. X, p. 240. Véase tambien acerca de la observacion de Feuillé y acerca del dibujo tosco del Saco de Carbon de la Cruz, la misma coleccion. t. XV, 1807, p. 338-391.

(53) Pág. 252.—*Cape Observations*, lam. XIII.

(54) Pág. 252.—*Outlines of Astronomy*, p. 531.

(55) Pág. 252.—*Cape Observations*, p. 384, n.° 3,407 del Catálogo de las Nebulosas y de los grupos estelares. Véase tambien una noticia de Dunlop, en las *Philosophical Transactions* for 1828, p. 149, y el n.° 272 de su Catálogo.

(56) Pág. 252.—«Esta apariencia de un negro subido en la parte oriental de la Cruz del Sud que hiere la vista de todos los que miran el cielo austral, está producida por la vivacidad de la blancura de la Via láctea, que contiene el espacio negro y lo rodea por todas partes.» (Lacaille, en las *Memorias de la Academia de Ciencias*, año 1755. Paris, 1761, p. 199.)

(57) Pág. 253.—*Cosmos*, t. I, p. 138 y 385, nota 17.

(58) Pág. 253.—When we see, dice Juan Herschell, in the Coal-Sack (near α Crucis) a sharply defined oval space free from stars, it would seem much less probable that a conical or *tubular* hollow traverses the whole of a starry stratum, continuously extended from the eye outwards, than that a *distant* mass of comparatively moderate thickness should be simply perforated from side to side (*Outlines of Astronomy*, § 792, p. 532).

(59) Pág. 253.—Carta de Hooke á Auzout, en las *Memorias de la Academia* (desde 1666-1699), t. VII, 2.ª parte, p. 30 y 73.

OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS

PARA LA PRIMERA PARTE DEL TOMO TERCERO.

(*a*) Despues de haber dicho (p. 35 de la 1.ª parte de este tomo) que nada hasta aquí habia demostrado la influencia de las posiciones diversas del Sol sobre el magnetismo terrestre, han comprobado esta influencia los escelentes trabajos de Faraday. Largas séries de observaciones en ambos hemisferios, en Toronto en el Canadá, y en Hobart Town en la Tierra de Van-Diemen, prueban que el magnetismo terrestre está sometido á una variacion anual que depende de la situacion relativa del Sol y de la Tierra.

(*b*) El fenómeno singular de la fluctuacion de las estrellas (ya indicado p. 55 de este tomo) ha sido observado en Tréveri, por testigos dignos de fe. El 20 de enero de 1851, entre 7 y 8 de la tarde, Sirio, que estaba entonces colocado muy cerca del horizonte, pareció agitado de un movimiento oscilatorio. *(Carta del profesor Flesch en la Coleccion de Jahn, Unterhaltungen für Freunde der Astronomie).*

(*c*) El deseo que sentia (p. 120 de este tomo) de ver investigar la época en que desapareció el color rojo de Sirio, se ha cumplido, gracias á la actividad de un jóven sábio, Wöpcke, que á sus grandes conocimientos en matemáticas, reunia el profundo de las lenguas orientales. Wöpcke, traductor y comentador del Algebra de Omar Alkayyami, me escribió desde Paris el mes de agosto de 1851: «La esperanza que manifestais, en la parte astronómica del *Cosmos*, me ha inducido á examinar los cuatro manuscritos de la Uranografía de Abdurrahman-al-Ssufi que posee la Biblioteca real. He hallado en ellos que α de Bootes (llamada tambien del Vaquero), α de Tauro, α de Escorpion y α de Orion estaban designadas colectivamente como rojas, y que nada semejante se decia de Sirio. Ademas, el pasaje que se refiere á esta estrella, y que es el mismo en los cuatro manuscritos, dice así: «La primera de las estrellas de que se forma el Gran Perro es la brillante estrella de la Boca, que está señalada en el Astrolabio y lleva el nombre de Al-je-maanijah.» ¿No resulta de este exámen y del pasaje de Alfragani que yo mismo he citado, que el cambio de color de Sirio cae probablemente entre la época de Tolomeo y la de los astrónomos arabes?

NOTAS

DE LA SEGUNDA PARTE.

(60) Pág. 253.—*Cosmos*, t. I, p. 140.

(61) Pág. 259.—Véase un pasaje del primer tomo del *Cosmos* (t. I, p. 98 y 132), en el cual contaba yo por distancias de Urano, siendo entonces este planeta el límite conocido del sistema planetario. Si se toma por término de comparacion la distancia de Neptuno al Sol, igual á 30,04 radios de la órbita terrestre, la distancia de la estrella α del Centauro al Sol es todavía de 7,523 distancias de Neptuno, suponiendo el paralaje de 0″,91 (*Cosmos*, t. III, p. 186); y sin embargo, la distancia de la estrella 61 del Cisne es casi 2 veces y 1/2 mayor que la de α del Centauro. La de Sirio, para un paralaje de 0″23, lo es cuatro veces mas. La distancia de Neptuno es próximamente de 460 millones de miriámetros; la de Urano es, segun Hansen, de 294 millones. La distancia de Sirio, calculada por Gall sobre el paralaje de Henderson, es igual á 896,800 radios de la órbita terrestre, ó 13.762,000 millones de miriámetros, distancia que tarda la luz en recorrer 14 años. El cometa de 1680 está en su afelio distante de Sol 44 distancias de Urano ó 28 distancias de Neptuno. Segun estos datos, la distancia de la estrella α del Centauro al Sol es casi 270 veces mayor que ese radio afélico, que puede ser considerado como representando en el mínimum el radio del sistema solar (*Cosmos*, t. III, p. 200). La indicacion de esos resultados numéricos ofrece cuando menos la ventaja de enseñar, cómo tomando por unidad estensiones inmensas, puede medirse el espacio sin emplear séries de cifras que se escapan á la apreciacion.

(62) Pág. 260.—Sobre la aparicion repentina y la desaparicion de nuevas estrellas, véase el *Cosmos*, t. III, p. 137-157.

(63) Pág. 264.—He insertado ya en el primer tomo del *Cosmos* (t. II, p. 300 y 462, nota 25), el pasaje del Tratado *de Revolut.* (lib. I, cap. 10), que recuerda el *Sueño de Escipion*.

(64) Pág. 264.—*Τῆς ἐμψυχίας μέσον τὸν ἥλιον, οἱονεὶ καρδίαν ὄντα τῶν παντός, ὅθεν φέρουσιν αὐτοῦ καὶ τὴν ψυχὴν ἀρξαμένην διὰ παντὸς ἥκειν τοῦ σώματος τεταμένην ἀπὸ τῶν περάτων* (Theonis Smyrnæi Platonici *Liber de Astronomia*,

ed. H. Martin, 1849, p. 182 y 398); publicacion notable en cuanto completa diversas opiniones peripatéticas de Adrasto, y muchas ideas platónicas de Dercylides.

(65) Pág. 266.—Hansen, en el *Jahrbuch* de Schumacher para 1837, p. 65-141.

(66) Pág. 268.—«Segun el estado actual de nuestros conocimientos astronómicos, el Sol se compone: 1.°, de un globo central casi oscuro; 2.°, de una inmensa capa de nubes suspendida á cierta distancia de ese globo y que le envuelve por todas partes; 3.°, de una *fotósfera*, ó en otros términos, de una esfera resplandeciente que envuelve la capa nebulosa, como esta capa á su vez envuelve el núcleo oscuro. El eclipse total del 8 de julio de 1842 nos indicó la senda de una tercera envuelta, situada sobre la *fotósfera*, y formada de nubes oscuras ó débilmente luminosas. Son estas las *nubes* de la tercera envuelta solar, situadas aparentemente, mientras el eclipse total, sobre el contorno del astro ó un poco fuera, que han dado lugar á las singulares prominencias rojizas que en 1842 escitaron tan vivamente la atencion del mundo sábio.» Arago, *Noticias científicas*, t. IV (t. VII de las *Obras)*, p. 281 á 286. Juan Herschell, en sus *Outlines of Astronomy*, publicadas en 1849, admite tambien: «above the luminous surface of the Sun, and the region in which the spots reside, the existence of a gaseous atmosphere baving a somewhat imperfect transparency.»

(67) Pág. 269.—Creo oportuno citar testualmente los pasajes á que aludo mas arriba, y sobre los cuales ha llamado mi atencion una Memoria instructiva del Dr. Clemens, titulada: *Giordano Bruno und Nicolaus von Cusa* (1847, p. 101).

El cardenal Nicolás de Cusa, nacido en Cues, sobre el Mosela, y cuyo nombre de familia era Khrypffs, es decir, Krebs (cangrejo), dice en el tan célebre tratado de su tiempo *de docta Ignorantia* (lib. II, cap. 12, p. 39 de sus *Obras completas*, ed. Basil, 1565): «Neque color nigredinis est argumentum vilitatis Terræ; nam in Sole si quis esset, non appareret illa claritas quæ nobis; considerato enim corpore Solis, tunc habet quamdam quasi terram centraliorem, et quamdam luciditatem quasi ignilem circumferentialem, et in medio quasi aqueam nubem et aerem clariorem, quemadmodum terra ista sua elementa.» Al márgen se leen las palabras *paradoxa* é *hypni*, de las cuales la última, como la primera, espresa sin contradiccion miras atrevidas (ὕπνοι, sueños). En el escrito de grandes dimensiones, que tiene por título *Exercitationes ex sermonibus Cardinalis (ibid.*, p. 579) hay esta comparacion: «Sicut in Sole considerari potest natura corporalis, et illa de se non est magnæ virtutis (el au-

tor se espresa así, no obstante la gravitacion!), et non potest virtutem suam aliis corporibus communicare, quia non est radiosa, et alia natura lucida illi unita, ita quod Sol ex unione utriusque naturæ habet virtutem, quæ sufficit huic sensibili mundo ad vitam innovandam in vegetalibus et animalibus, in elementis et mineralibus, per suam influentiam radiosam; sic de Christo qui est Sol justitiæ...»

El Dr. Clemense cree que esto es mas que un feliz presentimiento; parécele de todo punto imposible que sin una observacion suficientemente exacta de las manchas solares, partes negras y semi-negras, haya podido apoyarse Cusa en la esperiencia, en los pasajes que acabo de citar (Considerato corpore Solis...; in Sole considerari potest...). Supone «que la penetracion de los filósofos de la ciencia moderna se habia adelantado en algunos puntos, y que las ideas del cardenal de Cusa habian podido serle inspiradas por descubrimientos á los cuales se atribuye falsamente un orígen mas reciente.» Es, en efecto, no solamente posible, sino mas que probable, que en regiones donde el brillo del Sol está velado durante muchos meses, como acontece en las costas del Perú mientras reina la *garua*, pueblos aun incultos hubieran distinguido á simple vista manchas sobre el Sol; pero que estas manchas hayan llamado sériamente su atencion, que hayan jugado un papel en los mitos religiosos de los adoradores del Sol, esto es lo que hasta ahora no ha podido esplicarnos satisfactoriamente ningun viajero. La sola aparicion, tan rara por otra parte, de una mancha perceptible á simple vista en el disco del Sol, hundido en el horizonte ó velado por ténues vapores, y presentando una apariencia blanca, roja, quizás tambien verdosa, no hubiera llevado á los pensadores, por prácticos que fuesen, á la hipótesis de muchas atmósferas, como sirviendo de envueltas al globo oscuro del Sol. Si el cardenal Cusa supo algo respecto de las manchas del Sol, con la tendencia de que no hay mas que establecer comparaciones entre las cosas físicas y las cosas intelectuales, no hubiera ciertamente dejado de aludir á las *maculæ Solis*. Recuérdese únicamente la sensacion que producirian á principios del siglo XVII, inmediatamente despues de la invencion de los anteojos, los descubrimientos de Juan Fabricio y de Galileo, y los debates violentos que levantaron. He hablado ya, en el segundo tomo del *Cosmos* (p. 464, nota 33), de las teorías astronómicas enunciadas en términos muy oscuros por el cardenal, que murió en 1464, nueve años antes del nacimiento de Copérnico. El notable pasaje: «Jam nobis manifestum est terram in veritate moveri,» se encuentra en el tratado *de docta Ignorantia* (lib. II, cap 12). Segun Cusa, todo está en movimiento en los espacios celestes; no hay estrella que no describa un círculo. «Terra non potest esse fixa, sed movetur ut aliæ stellæ.» La Tierra, sin embargo, no gira alrededor del Sol, ambos á dos gravitan alrededor de los «polos eternamente cambiantes del Universo.» Cusa no tiene nada de comun

con Copérnico, como lo demuestra el pasaje, cuyo testo escrito de la mano de Cusa, en 1444, fué hallado por el Dr. Clemens en el hospital de Cues.

(68) Pág. 269.—*Cosmos*, t. II, p. 311-314 y 472-473, notas 49-53.

(69) Pág. 269.—*Borbonia Sidera*, id est planetæ qui Solis lumina circumvolitant motu proprio et regulari, falso hactenus ab helioscopis Maculæ Solis nuncupati, ex novis observationibus Joannis Tarde, 1820. *Austriaca Sidera*, heliocyclica astronomicis hypothesibus illigata opera Caroli Malapertii Belgæ Montensis e Societate Jesu, 1633. Este último escrito tiene cuando menos el mérito de dar una série de observaciones acerca de las manchas solares que se han sucedido desde 1618 á 1626. Estos son, tambien, los mismos años por los cuales publicó Scheiner sus propias observaciones en Roma, en su *Rosa Ursina*. El canónigo Tarde cree en el paso de los pequeños planetas por el disco del Sol, porque dice: «el ojo del mundo no puede tener oftalmías.» Estrañará con razon que veinte años despues de Tarde y sus satélites Borbonianos, Gascoigne que tanto progresó en el arte de observar (*Cosmos*, t. III, p. 58), atribuya todavía las manchas á la conjuncion de un gran número de cuerpos planetarios, casi transparentes, que realizan su revolucion alrededor del Sol, y muy cerca de él. Segun Gascoigne, muchos de esos cuerpos acumulados producen las sombras negras que se designan con el nombre de manchas solares. Véase en las *Philosophical Transactions*, t. XXVII, 1710-1712, p. 282-290, un pasaje estractado de una carta de G. Crabtrie, fechada del mes de agosto de 1640.

(70) Pág. 269.—Arago, sobre los medios de observar las manchas solares, en la *Astronomia popular*, t. II, p. 121 á 126. Véase tambien Delambre, *Historia de la Astronomia de la Edad Media*, p. 394, y *Historia de la Astronomia moderna*, t. I, p. 681.

(70 *bis*) Pág. 269.—*Memorias que pueden servir para la Historia de las Ciencias*, por el conde de Cassini, 1810, p. 242; Delambre, *Historia de la Astronomía moderna*, t. II, p. 694. Aunque Cassini en 1671, y la Hire en 1700, declarasen que el globo del Sol es oscuro, persístese aun en muchos Tratados de Astronomía, muy recomendables por otra parte, en atribuir al célebre Lalande la primera idea de esta hipótesis. Lalande, en la edicion de su Astronomía, publicada en 1792 (t. III, § 3240), lo mismo que en la primera edicion de 1764 (t. II, § 2515), no se separa en nada de la antigua opinion de La Hire: «Que las manchas son las eminencias de la masa sólida y opaca del Sol, recubierta comunmente (por completo) por el fluido ígneo.» Entre 1769 y 1774, fué cuando Alejandro Wilson tuvo

por vez primera una idea clara y exacta de una abertura en forma de embudo, practicada en la fotósfera.

(70 *ter*) Pág. 270.—Alejandro Wilson, *Observations on the Solar Spots*, dans las *Philosoph. Transact.*, t. LXIV, 1774, 1.ª part., p. 6-13, tab. I. «I found that the umbra, which before was equally broad all round the nucleus, appeared much contracted *on that part which lay towards the centre of the disc*, whilst the other parts of it remained nearly of the former dimensions. I perceived that the shady zone or umbra, which surrounded the nucleus, might be nothing else but the shelving sides of the luminous matter of the sun.» Véase tambien Arago, *Astronomia popular*, t. II, p. 145.

(71) Pág. 271.—Bode, en la Coleccion titulada: *Beschäftigungen der Berlinischen Gesellschaft naturforschender Freunde*, t. II, 1776, p. 237-241 y 249.

(72) Pág. 274.—En los fragmentos históricos de Caton el Anciano, se menciona una relacion oficial entre los precios elevados del trigo y los nublados del Sol, prolongados por muchos meses. Las espresiones *luminis caligo et defectus Solis*, no significan siempre un eclipse; no tienen este sentido particularmente en las relaciones de la larga disminucion de la luz solar que sobrevino despues de la muerte de César; así se lee en Aulu-Gelle (*Noctes Atticæ*, lib. II, cap. 28): «Verba Catonis in *Originum* quarto hæc sunt: Non libet scribere, quod in tabula apud Pontificem Maximum est, quotiens annona cara, quotiens Lunæ aut Solis luminis caligo aut quid obstiterit.»

(72 *bis*) Pág. 274.—Gautier, *Investigaciones relativas á ia influencia que el número de las manchas solares ejerce sobre las temperaturas terrestres*, y en la *Biblioteca universal de Ginebra*, Nueva série, t. LI, 1844, p. 327-335.

(73) Pag. 274.—Arago, *Noticias científicas*, t. IV, (t. VII de las *Obras*), p. 136 á 257.

(74) Pág. 275.—Arago, *ibid.*, p. 264 á 270.

(74 *bis*) Pág. 275.—Es el resplandor blanquecino que se vió tambien cuando el eclipse de 15 de mayo de 1836, y del cual dijo desde entonces con gran exactitud el gran astrónomo de Kœnigsberg: «cuando la Luna hubo cubierto completamente el disco solar, veíase todavía brillar un anillo de la atmósfera del Sol.» (Bessel en las *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, n.° 320).

(75) Pág. 275.—«Si examinamos de mas cerca la esplicacion, segun la cual las protuberancias rojizas están asimiladas á las nubes (de la tercera envuelta), no encontraríamos principio alguno de física que nos impidiese admitir que masas nebulosas de 25 á 30.000 leguas de largo flotan en la atmósfera del Sol; que esas masas, como ciertas nubes de la atmósfera terrrestre, tienen contornos fijos, que afectan, aquí y allá, formas muy deprimidas, que la luz solar (la fotósfera) tiñe de rojo. Si existe esta tercera envuelta, quizás dará la llave de algunas grandes y deplorables anomalías que se notan en el curso de las estaciones.» (Arago, *Noticias científicas*, t. IV (t. VII de las *Obras*) p. 279-282).

(76) Pág. 276.—«Todo lo que debilite sensiblemente la intensidad resplandeciente de la parte de la atmósfera terrestre que parece rodear y tocar el contorno circular del Sol, podrá contribuir á hacer visibles las prominencias rojizas. Sucede y debe esperarse, que un ejercitado astrónomo colocado en el vértice de una montaña muy alta, podrá observar regularmente las *nubes de la tercera envuelta solar*, situadas en apariencia sobre el contorno del astro, *ó un poco fuera*; determinar lo que tienen de permanente y de variable, notar los períodos de desaparicion y de reaparicion....» (Arago, *Ibid.*, p. 285).

(77) Pág. 278.—Es indudable que en tiempo de los Griegos y de los Romanos, individuos aislados pudieron distinguir á simple vista grandes manchas solares; pero no es menos cierto que estas observaciones no han llevado jamás á los autores griegos y latinos á mencionar esos fenómenos, en ninguna de las obras que han llegado hasta nosotros. Los pasajes de Teofrasto, de *Signis* (lib. IV, cap. I, p. 797), de Arato, *Diosemeia* (v. 90-92), de Proclo (*Paraphr.*, II, 14), en los cuales Ideler hijo (*Meteorol. veterum*, p. 201, y *Comentarios sobre la Meteorologia de Aristóteles*, t. I, p. 374), ha creido hallar descripciones de manchas solares, indican solamente que el disco del Sol, cuando presagia buen tiempo, no ofrece diferencia alguna en toda su superficie, nada que pueda señalarse (μηδὲ τι σῆμα φέροι), sino que presenta una apariencia uniforme. Las σηματα, ó de otro modo, las manchas que alteran la superficie del Sol, se atribuyen espresamente á una nube ligera, al estado de la atmósfera terrestre; el escoliasta de Arato dice: á la condensacion del aire. Así tiénese siempre cuidado de distinguir el Sol de la mañana y el Sol de la tarde; porque el disco solar independientemente de toda verdadera mancha, hace el oficio de diafanómetro, y segun una antigua creencia que no debe despreciarse, anuncia todavía hoy al labrador y al marino los cambios de tiempo que se preparan. Puédese, con efecto, deducir del aspecto que presenta el Sol en el horizonte el estado de las capas atmosféricas próximas á la Tierra. En lo que concier-

ne á las grandes manchas perceptibles á simple vista, que se tomaron en 807 y en 840 por tránsitos de Mercurio y de Venus, la primera cita está en la gran Coleccion histórica de los *Veteres Scriptores*, publicada por Justo Reuberus en 1726 (véase la parte titulada: ***Annales Regum Francorum Pipini Karoli Magni et Ludovici a quodam ejus œtatis Astronomo, Ludovici regis domestico, conscripti***, p. 58). En un principio fué un benedictino el que pasó por autor de esos Anales (p. 28); mas adelante se reconoció que eran del célebre Eginhard ó Einhard, secretario privado de Carlo Magno. Véanse *Annales Einhardi* en los ***Monumenta Germaniœ historica***, publicados por Pertz (Script., t. I, p. 194). Véase la cita hecha por Eginhard, de las manchas del Sol: «DCCCVII, stella Mercnrii XVI kal. April. visa est in Sole qualis parva macula nigra, paululum superius medio centro ejusdem sideris, *quœ a nobis* octo dies conspicata est; sed quando primum intravit vel exivit, nubibus impedientibus, minime notare potuimus.»—Simon Assemanus, en la introduccion al ***Globus cœlestis Cufico-Arabicus Veliterni Musei Borgiani***, 1790, p. xxxviii, cita el pretendido paso de Venus, referido por los astrónomos árabes: «Anno Hegyræ 225 regnante Almootasemo Chalifa, visa est in Sole prope medium nigra quædan macula, idque feria tertia die decima nona Mensis Regebi.....» Tomose esta mancha por Venus, y se creyó ver el planeta durante 91 dias aunque con interrupciones de 12 á 13 dias, tambien. Poco tiempo despues murió Motassem. Entre los numerosos ejemplos que he recogido de narraciones históricas ó de tradiciones populares que mencionan disminuciones repentinas en el brillo del dia citaré las siguientes, en número de 17:

A. 45 antes de J. C. Cuando la muerte de Julio César, despues de la cual el Sol permaneció durante un año entero, pálido y con menos calor que de costumbre. El aire era denso, frio y sombrío; los frutos no llegaron á sazon. (Véase Plutarco, *Julio César*, cap. 87; Dion. Casos, libro XLIV: Virgilio, ***Georgicas***, lib. I, v. 466).

A. 33 despues de J. C. Año de la muerte del Salvador. «A partir de la hora sesta, se estendió una oscuridad en todo el pais hasta la hora novena.» (***Evangelio segun San Mateo***, cap. 27, v. 45.) Segun el Evangelio de ***San Lucas*** (cap. 23, v. 45): «El Sol perdió su brillo» Eusebio cita en apoyo de esta indicacion un eclipse de Sol, ocurrido en la CCII^a^ olimpiada, del cual habia hecho mencion un cronista, Phlégon de Tralles (Ideler, ***Handbuch der Mathem, Chronologie***, t. II, p. 417). Pero Wurm ha demostrado que este eclipse, visible en toda el Asia Menor, habia tenido lugar desde el año 29 despues del nacimiento de Cristo, el 24 de Noviembre, tres ó cuatro años por consiguiente antes de su muerte. El dia de la Pasion cayó el 14 del mes de Nisan, dia de la Pascua de los Judíos (Ideler, ***Ibid***, t. I, p. 515-520); luego la Pascua se celebró siempre en la época de la Luna llena. El Sol no ha podido, pues, ser eclipsado por la Luna durante tres horas. El jesuita Scheiner creia poder atribuir la disminucion

del brillo del Sol á un grupo de manchas que cubririan en tal caso una vasta estension del disco solar.

A. 358. El 22 de Agosto: oscuridad precursora del terrible temblor de tierra de Nicomedia, que destruyó tambien otras muchas ciudades en Macedonia y en el Ponto. La oscuridad duró 2 ó 3 horas: «Nec contigua vel adposita cernebantur», dijo Ammien Marcellin (lib. XVII, cap 7),

A. 360. Estendiéronse las tinieblas, desde la mañana hasta el medio dia en todas las provincias orientales del imperio romano: «Per Eoos tractus, caligo a primo auroræ exortu adusque meridiem.» (Amien Marcellin, lib. XX, cap. 3) Veíanse las estrellas; así es que este fenómeno no fué debido á una lluvia de cenizas, y su duracion no permite atribuirlo como lo hace un historiador á un eclipse total: «Cum lux cœlestis operiretur, e mundi conspectu penitus luce abrepta, defecisse diutius solem pavidæ mentes hominum æstimabant: primo attenuatum in lunæ corniculantis effigiem, deinde in speciem auctum semenstrem, posteaque in integrum restitutum. Quod alias non evenit ita perspicue, nisi cum post inæquales cursus intermenstruum lunæ ad idem revocatur.» La descripcion puede aplicarse bien á un eclipse de Sol, pero ¿qué pensar de su larga duracion y de esas tinieblas estendidas en todas las provincias orientales del imperio?

A. 409. Cuando Alarico apareció ante Roma. La oscuridad permitió ver estrellas en pleno dia. (Schnurrer, *Chronik der Seuchen*, primera parte pág. 113).

A. 536. Justinianus I Cæsar imperavit annos triginta octo (527-565). Anno imperii nono, deliquium lucis passus est Sol, quod annum integrum et duos amplius menses duravit, adeo ut parum admodum de luce ipsius apparere; dixeruntque homines Soliquid accidisse, quod nunquam ab eo recederet (Gregorius Abu'l-Faragius, *Supplementum Historiæ Dynastyarum*, ed. Edw. Pocok, 1663, p. 94). Ese fenómeno ha debido ser muy semejante al de 1783. En Alemania hase adoptado un nombre particular (Hæhenranch, niebla seca), para designar esas disminuciones en la intensidad del Sol; pero las esplicaciones que se han intentado, están lejos de aplicarse á todos los casos.

A. 567. Justinus II annos 13 imperavit (565-578). Anno imperii ipsius secundo, apparuit in cœlo ignis flammans juxta polum arcticum, qui annum integrum permansit; obtexeruntque tenebræ mundum ab hora diei nona noctem usque, adeo ut nemo quidquam videret: deciditque ex aere quoddam pulveri minuto et cineri simile (Abu'l-Faragius, *Supplementum Historiæ Dynast.*, p. 95). Parece así que este fenómeno se ofreció en un principio como tormenta magnética, como aurora boreal perpétua, que duró todo un año y á la cual sucedieron las tinieblas y una lluvia de cenizas.

A. 626. Siempre segun Abu'l-Faragius (*Ibid*, p. 94-99), la mitad del disco solar queda oscuro durante ocho meses.

A. 733. Un año despues de haber sido arrojados los árabes mas allá de los Pirineos, luego de la batalla de Tours. El Sol se oscureció el 19 de Agosto, causando gran espanto (Schnurrer, *Chronik der Seuchen*, primera parte, p. 164.

A. 807. Vióse en la superficie del Sol una mancha que se tomó por Mercurio, *Veteres scriptores*, p. 58).

A. 840. Desde el 28 de Mayo al 26 de Agosto observóse el pretendido paso de Venus por el Sol. Segun Asemanus, ese fenomeno debió empezar en el mes de Mayo de 839. Desde 834 á 841, reinó el califa Al-Motassem, que fue el octavo califa y tuvo por sucesor á Harum-el Watek.

A. 934. En la curiosa Historia de Portugal de Faria y Souza (1730, p. 147) encuentro estas palabras: «En Portugal se vió sin luz la Tierra por dos meses. Avia el Sol perdido su splendor.» Entonces abrióse el Cielo *por fractura* con muchos relámpagos, y el Sol recobró súbitamente todo su brillo.

A. 1091. El 21 de Setiembre, oscurecióse el Sol durante tres horas, despues de las cuales conservó un color particular: «Fuit eclipsis Solis 11 kal. Octob. fere tres horas: Sol circa meridiem dire nigrescebat.» (Martin Crusius, *Annales Suevicio*, Francof, 1795, t. I, p. 279. Véase tambien Schnurrer, *Chronik, der Seuchen*, 1.ª parte, p. 219).

A. 1096. El 3 de Marzo reconociéronse á simple vista manchas en el Sol: «Signum in Sole apparuit V. Non. Martii feria secunda incipientis quadragesimæ.» (Joh. Staindelii, presbyteri Pataviensis, *Chronicon generale*, en los *Rerum Boicarum Scriptores* de Ofelius, t. I, 1763, p. 485).

A. 1206. Segun Joaquin de Villalba (*Epidemiologia española*, Madrid, 1803, t. I, p. 30). El último dia de Febrero hubo un eclipse de Sol que duró seis horas, con tanta oscuridad como si fuera media noche. Siguieron á este fenómeno abundantes y contínuas lluvias.» Un fenómeno casi semejante cita Schnurrer, como acontecido en el mes de Junio de 1191. (Véase *Chronik der Seuchen*, 1.ª parte, p. 258-265.

A. 1241. Cinco meses despues del combate de los Mogoles cerca de Liegnitz «(obscuratus est Sol (in quibusdam locis)? et factæ sunt tenebræ, ita ut stellæ viderentur in cælo, circa festum S. Michaelis hora nona.» (*Chronicon Claustro-Neoburgense*, del Claustro de Neobourg, cerca de Viena.) Esta crónica que abarca el espacio comprendido entre el año 218 despues de J. C. y el año 1348, forma parte de la Coleccion de Pez, *Scriptores rerum Austriacarum*, Lipsiæ, 1721, t. I, p. 458.

A. 1547. Los dias 23, 24 y 25 de abril, es decir, la víspera, el dia y el dia siguiente de la batalla de Muhlbach, en la cual el elector Juan Federico fue hecho prisionero. Képlero dice á este propósito en los *Paralipom. ad Vitellium, quibus Astronomiæ pars optica traditur* (1604, p. 259):

«Refert Gemma, pater et filius, anno 1547, ante conflictum Caroli V cum Saxoniæ Duce, Solem per tres dies ceu sanguine perfusum comparuisse, ut etiam stellæ pleræque in meridie conspicerentur.» Véase tambien Keplero, *de Stella nova in Serpentario*, p. 113. No sabe á qué causa atribuir este fenómeno: «Solis lumen ob causas quasdam sublimes hebetari...» Supone que este efecto puede ser producido por una «materia comética latius sparsa,» y afirma únicamente que la causa debia colocarse fuera de nuestra atmósfera, puesto que se veian estrellas en pleno dia. Schnurrer (*Chronik der Seuchen*, 2.ª parte, p. 93), pretende á pesar de la visibilidad de las estrellas, que ese fenómeno fue ocasionado por una niebla seca, teniendo presente que Carlos V se quejaba antes de la batalla, «semper se nebulæ densitate infestari, quoties sibi cum hoste pugnandum sit.» (Lambertus Hortensius, *de Bello Germanico*, Basil; 1560, lib. VI, p. 182.)

(78) Pág. 279.—Ya Horrebow (*Basis Astronomiæ*, 1735, § 226) se vale de la misma espresion. La luz solar, es segun él, «una aurora boreal perpétua, producida en la atmósfera del Sol por la accion contraria de las fuerzas magnéticas.» Véase Hanow, en Dan. Tieio, *Gemeinnützige Abhandlungen über natürliche Dinge*, 1768, p. 102.

(79) Pág. 281.—Veanse las Memorias científicas de Arago (t. X de las *Obras*, p. 57); Mathieu, en Delambre, *Historia de la astronomia del siglo XVIII*, p. 351 y 652; Fourier, *Elogio de G. Herschell*, y las *Memorias del Instituto*, t. VI, año 1823 (París 1827), p. LXXII. La esperiencia ingeniosa, hecha por Forbes en 1836, durante un eclipse de Sol, es tambien notable, y prueba una gran homogeneidad en la naturaleza de la luz, que emana del centro ó de los estremos. Hizo ver que un espectro solar formado esclusivamente de radios partiendo de los estremos del astro es idéntico, para el número y posicion de las líneas oscuras ó rayas que le cruzan, al que proviene del disco entero. Si en la luz solar faltan rayos de una cierta refrangibilidad, no consiste esto, como supone David Brewster, en que se pierdan esos rayos en la atmósfera del Sol, puesto que los rayos de los estremos que han atravesado capas mucho mas espesas producen las mismas líneas oscuras. (Forbes, en las *Memorias de la Academia de Ciencias*, t. II, 1836, p. 576). Al fin de esta nota he reunido todo lo que tomé en 1847 de los manuscritos de Arago:

«Fenómenos de la Polarizacion coloreada dan la certeza de que el borde del Sol tiene la misma intensidad de luz que el centro; porque colocando en el Polariscapo un segmento del borde sobre un segmento del centro, obtengo (como efecto complementario del rojo y del blanco) un blanco puro. En un cuerpo sólido (una bola de hierro calentada al rojo) el mismo ángulo visual abraza una estension mayor en el estremo que en el centro, segun la proporcion del coseno del ángulo; pero en la misma

proporcion tambien, el mayor número de puntos materiales emiten una luz mas débil en *razon de su oblicuidad*. La relacion del ángulo es naturalmente la misma para una esfera gaseosa; pero no produciendo la oblicuidad en el gas el mismo efecto de disminucion que en los cuerpos sólidos, el borde de la esfera gaseosa estaría mas iluminado que el centro. Lo que nosotros llamamos disco luminoso del Sol, es la Fotósfera gaseosa, como he probado por la falta absoluta de señales de polarizacion en el estremo del disco. Para esplicar pues la *igualdad de intensidad* del estremo y del centro, indicada por el Polariscopo, será preciso admitir una envuelta esterior que disminuya (apague) menos la luz que viene del centro que los rayos que recorren el largo trayecto del estremo á la vista. Está envuelta esterior forma la corona blanquecina en los eclipses totales de Sol. La luz que emana de los cuerpos sólidos y líquidos incandescentes, está polarizada parcialmente cuando los rayos observados forman con la superficie de salida un ángulo de pequeño número de grados; pero no hay señal sensible de polarizacion cuando se miran de igual manera en el Polariscapo gases inflamados. Esta esperiencia demuestra que la luz solar no sale de una masa sólida ó líquida incandescente. La luz no se engendra únicamente en la superficie de los cuerpos; sino que una parte nace en su sustancia misma, aunque esta sustancia fuese el platino. No es pues la descomposicion del oxígeno circundante lo que dá la luz. La emision de luz polarizada por el hierro líquido es un efecto de refraccion en el tránsito á un medio de menor densidad. Donde quiera que hay refraccion, hay produccion de alguna cantidad de luz polarizada. Los gases no la producen, porque sus capas no tienen bastante densidad. La Luna, seguida durante el curso de una lunacion entera, presenta efectos de polarizacion, escepto en la época de la luna llena y de los dias que se acercan mucho á esta. La luz solar encuentra, sobre todo en los primeros y últimos cuadrantes, en la superficie desigual (montañosa) de nuestro satélite inclinaciones de planos convenientes para producir la polarizacion por reflexion.»

(80) Pág. 281.—Juan Herschell, *Cape Observations*, § 425, p. 434: *Outlines*, § 395, p. 234. Véase tambien Fizeau y Foucault, en las *Mem. de la Acad. de Ciencias*, t. XVIII, 1844, p. 860. Es muy notable que Giordano Bruno, que subió á la hoguera ocho años antes de la invencion del telescopio y once años antes del descubrimiento de las manchas solares, creyera en la rotacion del Sol alrededor de su eje. En cambio, pensaba que el centro de ese astro era menos brillante que sus estremos. Engañado por algun efecto de óptica, creia ver girar el disco del Sol y los estremos estenderse en remolinos y contraerse. Véase Cristian Bartholméss, *Jordano Bruno*, t. II, 1847, p. 367.

(81) Pág. 282.—Fizeau y Foucault, *Investigaciones sobre la intensidad*

de la luz emitida por el carbon en el esperimento de Davy, en las *Mem. de la Academia de Ciencias*, t. XVIII, 1844, p. 753.—«The most intensely ignited solids (ignited quicklime in lieutenant Drummond's oxy-hydrogen lamp) appear only *as black spots* on the disc of thesun when held between it and the eye (*Outlines of Astron.*, p. 236), Véase tambien *Cosmos*, t. II, p. 313.

(82) Pág. 282.—Consúltese el Comentario de Arago sobre las cartas de Galileo á Marco Welser, y en *la Astronomia popular*, t. II, p. 152 á 156, sus esplicaciones sobre la influencia de la luz solar reflejada por las capas atmosféricas, que parece envolver con un velo luminoso los objetos celestes, vistos en el campo de un telescopio.

(83) Pág. 282.—Mædler, *Astronomia*, p. 81.

(84) Pág. 283.—Véase *Philosoph. Magazine*, ser. III, t. XXVIII, p. 230; y Poggendorf's, *Annalen der Physik*, t. LXVIII, p. 101.

(85) Pág. 285.—Véase Faraday, sobre el Magnetismo atmosférico, en los *Experim. Researches on Electricity*, ser. XXV y XXVI (*Philosoph. Transact*, for. 1851, 1.ª parte), § 2774, 2780, 2881, 2892-2968, y para la historia de este problema, § 2847.

(86) Pág. 285.—Véase Nervander, d'Helsingfors, en el *Boletin de la clase fisico-matemática de la Academia de Sain-Petersbourg*, t. III, 1845, p. 30-32 y *Buys-Ballot*, d'Utrecht, en Poggendorff's *Annalen der Physik*, t. LXVII, 1846, p. 205-213.

(87) Pág. 286.—He indicado con comillas lo que pertenece á los manuscritos de Schwabe. Las observaciones desde 1826 á 1843 se han publicado únicamente en las *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, n.º 495, t. XXI, 1844, p. 325.

(88) Pág. 290.—Juan Herschell, *Cape Observations*, p. 434.

(89) Pág. 291.—*Cosmos*, t. I, p. 180 y 407, nota 79.

(90) Pág. 292.—Gesenio, en la *Coleccion* titulada *Hallische Litteratur-Zeitung*, 1822 n.º 101 y 102. (*Erganzungsblatt*, p. 801 á 812). Entre los Caldeos, el Sol y la Luna eran las dos divinidades principales; en los cinco planetas se les llamaban simples genios.

(91) Pág. 292.—Platon, *Timéo*, p. 38, ed. Henri Estienne; t. I, p. 105 de la traduccion de H. Martin. Véase tambien t. II, p. 64.

(92) Pág. 293.—Boech, *de Platonico systemate cœlestium globorum et de vera indole astronomiæ Philolaicæ*, p. XVII, y *Philolaus*, 1819, p. 99.

(93) Pág. 293.—Julius Firmicus Maternus *Astronomiæ libri VIII* (ed. Pruckner. Basil, 1551, lib. II, cap. 4); el autor era contemporáneo de Constantino el grande.

(94) Pág. 293.—Humboldt, *Monumentos de los pueblos indigenas de la América*, t. II, p. 42-49. Desde el año 1812, he señalado las analogías del zodiaco de Bianchini con el de Denderah. Véase tambien Letronne, *Observaciones críticas sobre las representaciones zodiacales*, p. 97, y Lepsio, *Chronologie der Ægypter*, 1849, p. 80.

(95) Pág. 293.—Letronne, *Sobre el origen del zodiaco griego*, p. 29: Lepsio, *Chronologie der Ægypter*, p. 83. Letronne comprueba, en razon al número 7, el origen caldeo de la semana planetaria.

(96) Pág. 293.—Vitruvio, *de Architectura*, libro IX, cap. 4. Ni Vitruvio ni Marciano Capella pretenden que los Egipcios sean los autores del sistema en que Mercurio y Venus están considerados como satélites del Sol, girando el mismo alrededor de la Tierra. Léese en el primero: «Mercurii autem et Veneris stellæ circum Solis radios, Solem ipsum, uti centrum, itineribus coronantes, regressus retrorsum et retardationes faciunt.»

(97) Pág. 293.—Martianus Mineus Felix Capella, *de Nuptiis philologiæ et Mercurrii*, lib. VIII, ed. Grotius, 1599, p. 289: «Nam Venus Mercuriusque, licet ortus occasusque quotidianos ostendant, tamen eorum circuli Terras omnino non ambiunt, sed circa Solem laxiore ambitu circulantur. Denique circulorum suorum centron in Sole constituunt, ita ut supra ipsum aliquando...»—Este pasaje que lleva el título: Quod Tellus non sit centrum omnibus planetis,» ha podido sin duda, como lo afirma Gassendi, influir en las primeras opiniones de Copérnico, mas que los testos atribuidos al gran geómetra Apolonio de Perga. Sin embargo Copérnico se limita á decir: «Minime contemnendum arbitror, quod Martianus Capella scripsit, existimans quod Venus et Mercurius circumerrant Solem in medio existentem.» Véase el *Cosmos*, t. II, p. 303. (nota 34),

(98) Pág. 293.—Enrique Martin, (*Estudios sobre el Timeo de Platon*, t. II, p. 125-133) me parece haber esplicado perfectamente el pasaje de Macrobio con respecto al sistema de los Caldeos, que habia inducido á error á un filologo eminente, á Ideler. Véase la Memoria de Ideler *sobre Eudosio* (p. 48) y el *Museum der Alterthums-Wissenschaft* de Wolf y Buttmann (t. II, p. 443). Macrobio, *in Somnium Scipionis* (lib. I, cap. 19 y lib. II,

cap. 3, Biponti, 1788, p. 91 y 129), no sabe nada del sistema de Vitrubio y de Marciano Capella, segun el cual Mercurio y Venus son satélites del Sol, moviéndose este como los otros planetas alrededor de la Tierra inmóvil. Indica solamente, refiriéndose á Ciceron, las diferentes opiniones sobre el órden de las órbitas descritas por el Sol, Venus, Mercurio y la Luna. «Ciceroni Archimedes et Chaldæorum ratio consentit, Plato Ægyptios secutus est.» Cuando Ciceron esclama, en la descripcion del sistema planetario (*Somnium Scipionis*, cap. 4). «Hunc (Solem) ut comites consequuntur, Veneris alter, alter Mercurii cursus,» ha enumerado precedentemente las órbitas de Saturno, de Júpiter y de Marte, y quiere solo aludir á la proximidad de las órbitas del Sol y de los dos planetas inferiores, Venus y Mercurio. Todos los cuerpos celestes circulan, segun él, alrededor de la Tierra, como alrededor de un punto fijo. La órbita de un satélite no puede contener la del planeta principal, y sin embargo Macrobio dice sin vacilar: «Ægyptiorum ratio talis est: circulus, per quem Sol discurrit, á Mercurii circulo ut inferior ambitur, illum quoque superior circulus Veneris includit.» Habla pues de órbitas paralelas que se envuelven unas á otras.

(99) Pág. 294.—Leipsio, *Cronologie der Ægipter*, 1.ª parte, p. 207.

(100) Pág. 294.—El nombre mutilado del Planeta Marte, en Vettius Palens y en Cedrenus, corresponde probablemente al nombre Her-tosch, como Seb á Saturno. Véase Lepsio, *Chronologie der Ægypter*, p. 90 y 93.

(1) Pág. 294.—No puede compararse á Aristóteles (*Metaf.* lib. XII, c. 8, p. 1073, ed. Bekker), con el Pseudo-Aristóteles (*de Mundo*, c. 2, p. 392), sin sorprendernos del contraste que presentan. En el tratado *de Mundo* hállanse ya los nombres de los planetas Faeton, Pyrois, Hércules, Stilbon y Juno, lo que indica la época de Apuleyo y de los Antoninos, en que ya la astrología caldea estaba estendida por todo el imperio romano, y en que se mezclaban ya denominaciones tomadas á diferentes pueblos. (Véase *Cosmos*, t. II, p. 14.) Diodoro de Sicilia dice positivamente que los Caldeos desde el principio llamaban á los planetas segun sus divinidades babilónicas, y que esos nombres pasaron de esta suerte á los Griegos. Ideler (*Eudosio*, p. 48), atribuye por el contrario esos nombres á los Egipcios, y se funda en la antigua existencia de una semana planetaria de siete dias en las orillas del Nilo (*Handbuch der Chronologie*, t. I, p. 180), hipótesis completamente refutada por Lepsio (*Chronologie der Ægypter*, 1.ª parte, p. 131). Reuno aquí, segun Eratóstenes, segun el autor del Epinomis, probablemente Filipo Opuncio, segun Gemino, Plinio, Teon de Esmirna, Cleomedes, Aquiles Tacio, Julio Firmico y Simplicio, todos los nombres bajo los cuales han sido designados

los cinco planetas antiguos, y cuya conservacion debemos especialmente á la manía de las fantasías astrológicas:

Saturno: φαίνων, Némesis; este planeta está tambien designado como un sol por cinco autores. (Véase Teon de Esmirna, p. 87 y 165, ed. de Enrique Martin.)

Júpiter: φαέθων, Osiris.

Marte: πυρόεις, Hércules.

Vénus: ἑωσφόρος, φωσφόρος, Lucifer; ἕσπερος, Vesper; Juno; Isis.

Mercurio: στίλβων, Apolo.

Aquiles Tacio *(Isagoge in Phœnom. Arati*, cap. 17) encuentra singular que los Egipcios como los Griegos hayan adornado con el brillante nombre (φαίνων) el menos luminoso de todos los planetas. «Quizás, añade, obedece esto á su influencia bienhechora.» Segun Diodoro, ese nombre procede de que «Saturno era de todos los planetas el que pronosticaba con mas frecuencia y de la manera mas clara, el porvenir.» (Letronne, *sobre el Origen del Zodiaco griego*, p. 33, y en el *Diario de los Sábios*, 1836, p. 17; véase tambien Carteron, *Análisis de investigaciönes zodiacales*, p. 97). Denominaciones que de equivalente en equivalente pasan así de un pueblo á otro, deben de ordinario su orígen á casualidades que es imposible averiguar: no obstante, debemos hacer notar que φαίνειν, hablando en propiedad, no espresa mas que una apariencia luminosa, es decir un resplandor tranquilo, constante y de una intensidad igual, mientras que στίλβειν supone un brillo mas vivo, mas variable, algo de centelleante. Los epítetos de φαίνων, para el planeta mas apartado, Saturno, de στίλβων para Mercurio, mas próximo al Sol, parecerán tanto mas exactos relativamente, si se recuerda lo que he dicho mas arriba (*Cosmos*, t. III, p. 65), que Saturno y Júpiter, vistos de dia, en el gran anteojo de Frauenhofer, parecen empañados, en comparacion del disco centelleante de Mercurio. Esas calificaciones, como observa el profesor J. Franz, indican pues una progresion creciente que partiendo de Saturno (φαίνων), pasa por Júpiter, el guia brillante del carro luminoso (αἴθων), por Marte, el astro incandescente (πυρόεις), y llega por último á Vénus (φωσφόρος) y á Mercurio (στίλβων).

La denominacion india de Saturno ('sanaistschara), *que se mueve lentamente*, me ha proporcionado la idea de dejar á mi amigo el ilustre Bopp el problema, de si en general, para los nombres indios de los planetas, como para los nombres en uso entre los Griegos y probablemente tambien entre los Caldeos, hay medio de distinguir entre nombres mitológicos y simples epítetos. Traslado aqui las esplicaciones que debo á la atencion de este ilustre lingüista, cuidando de prevenir que sigo para los planetas, el órden en el cual están colocados con relacion al Sol, y no el órden adoptado en el *Amarakoscha* (véase Colebrooke, *Ensayos Misceláneos*, t. II, p. 17 y 18).

Respecto de los cinco nombres sanscritos de los planetas, tres son descriptivos, y son éstos los de Saturno, Marte y Vénus.

«Saturno: 'sanaistschara, formado de 'sanais, *lentamente*, y tschara, *que se mueve*, se llama tambien 'sauri, uno de los nombres de Wischnou, derivado por via patronímica de 'sûra, nombre del gran padre de Krischna. Saturno era designado tambien bajo la denominacion de 'Sani. El nombre de 'Sani-vara, que significa dies Saturni, se refiere igualmente al adverbio 'sanais, *lentamente*. Los nombres planetarios de los dias de la semana eran á lo que parece desconocidos á Amarasinha. Indudablemente fueron introducidos mas tarde.»

«Júpiter: Vrihaspati, ó con mas anterioridad, segun el ortógrafo de los Vedas adoptado por Lassen, Brihaspati: Señor de la altura; este nombre que era el de una divinidad veda, está compuesto de vrih (brih), *crecer*, y pati, *señor*.»

«Marte: Angaraka (de angara, *carbon ardiente*), llamábase tambien lohitânga, *el cuerpo rojo*, de lôhita, *rojo*, y anga, *cuerpo*.»

«Vénus: planeta llamado 'sukra, es decir, el *brillanteu*, tambien Daitya-guru, de guru, *señor*, y de Daityas, *los Titanes*.»

«Mercurio: Budha, no debe confundirse con el legislador religioso Buddha. Mercurio se llamaba tambien Rauhinêya, es decir hijo de la Ninfa Rohinî, esposa de la Luna (soma), de donde tomó tambien el nombre de Saumya. La raiz comun de Budha, el planeta y de Buddha, personaje divino, es budh, *saber*. Paréceme poco probable que la palabra sajona Wuotan (Wotan, Odin) se refiera á la palabra Budha. Esta suposicion parece fundarse principalmente en la semejanza esterior de las formas, y sobre el hecho de que los dos designan un mismo dia de la semana: dies Mercurii, en viejo sajon Wôdanes dag, en indio Budha-vâra. Vâra significa originariamente *vez*, como en bahuvârân, *gran número de veces*; despues, colocado al fin de una palabra, espresa la idea del dia. Jacobo Grimm (*Deutsche Mythologie*, p. 120) deriva el nombre germánico Wuotan, del verbo watan, vuot (actualmente waten), que significa: *meare, transmeare, cum impetu ferri*, y corresponde literalmente al latin vadere. Wuotan ú Odinn, es segun Jacobo Grimm, el sér todopoderoso, que todo lo vé: «Qui omnia permeat,» como dice Lucano, de Júpiter. Véase sobre nombres indios los dias de la semana, sobre Budha y Buddha y acerca de los dias de la semana en general, las notas de mi hermano en el escrito: *Ueber die Verbindungen zwischen Java und Indien* (*Kawisprache*, t. I, p. 187-190.)

(2) Pág. 294.—Véase Letronne, *Sobre el amuleto de Julio César y los signos planetarios*, en la *Revista arqueológica*, año 3.°, 1846, p. 261. Saumaise veia en el signo planetario mas antiguo de Júpiter la letra inicial Ζεύς; en el de Marte una abreviatura del sobrenombre Θούριος. El disco solar, emplea-

do como signo, se habia hecho casi desconocido por un haz oblícuo y triangular de rayos. Aparte del sistema pitagórico de Filolao, no se contaba á la Tierra entre los planetas, y por esta razon considera Letronne el signo planetario de la Tierra como introducido con posterioridad á Copérnico. El notable pasaje de Olimpiodoro acerca de la consagracion de los diferentes metales en cada uno de los planetas está tomado de Proclo, y fue indicado por primera vez por Bœckh; encuéntrase en la pág. 14, en la edicion de Basilea; en la pág. 30, en la de Schneider. Aristóteles, *Meteorol.*, ed. Ideler, t. II, p. 163. La nota acerca de los *Istmicos* de Pindaro (V. 2), en la cual los metales están asemejados á los planetas, pertenece á la escuela neo-platónica; véase Lobeck, *Aglaophamus*, t. II, p. 936. Por la misma asociacion de ideas, los signos planetarios han llegado á ser poco á poco signos de los metales, y para algunos, hánse confundido los mismos nomhres. Así el nombre de Mercurio designa el azogue argentino, el argentum vivum y el hidrargyrus de Plinio. En la preciosa coleccion de los manuscritos griegos de la Biblioteca de París, hay dos manuscritos de la gran obra acerca del arte cabalístico, uno de los cuales contiene (n.º 2250) los nombres de los metales consagrados á los planetas, sin el empleo de los signos; el otro (2329), especie de diccionario de química, que segun el carácter de la escritura, puede ser referido al siglo xv, presenta el nombre de los metales reunidos en un pequeño número de signos planetarios (Hoefer, *Historia de la Quimica*, t, I, p. 250). En el manuscrito n.º 2250, el azogue está consagrado á Mercurio y la plata á la Luna, mientras que en el n.º 2329 el azogue se consagra á la Luna y el estaño á Júpiter; Olimpiodoro asignaba este último metal á Mercurío: tan poca fijeza habia en esas relaciones místicas de los astros con las propiedades de los metales.

Este es el momento de tratar de las horas y de los dias de la semana especialmente anexos á los diferentes planetas. Hasta hace muy poco no habia ideas exactas sobre la antigüedad de este uso, y no se habia reconocido hasta qué punto estaba estendido entre las naciones lejanas. Como lo ha demostrado Lepsio (*Chronologie der Ægypter*, p. 132), y como lo prueban monumentos que se remontan á los primeros tiempos de la construccion de las grandes pirámides, la semana de los Egipcios se componia, no de siete dias, sino de diez. Tres de esas décadas formaban uno de los doce meses del año solar. Cuando se lee en Dion Casio (lib. XXXVII, cap. 18), que la costumbre de señalar los dias segun los nombres de los siete planetas era originaria de Egipto, y se habia estendido de allá en época muy reciente á los demás pueblos, especialmente á los Romanos, entre los cuales se habia naturalizado por completo, en tiempo de Dion Casio, es preciso no olvidar que este escritor era contemporáneo de Alejandro Severo, y que desde la invasion de la astrología oriental bajo los Césares, y á consecuencia del gran concurso de tan-

tos pueblos á Alejandría, era moda en Occidente llamar egipcio á todo lo que parecia antiguo. Es indudable que donde es mas antigua y se estendió mas la semana de siete dias fue entre las naciones semíticas. Por lo demás, este hecho no es particular á los Hebreos; se vuelve á encontrar entre los Arabes nómadas, mucho tiempo antes de Mahomet. He preguntado á un sábio muy conocedor de las antigüedades semíticas, el profesor Tischendorf, de Leipzig, el problema de si independientemente del nombre de Sabbat, no existe en el antiguo Testamento, para los diferentes dias de la semana otras denominaciones distintas á las de 2.° y 3.° dias de la *schebua;* si en el Nuevo Testamento, en una época en la cual sin duda los estranjeros se ocupaban ya en Palestina de astrología planetcria, no se encuentra en parte ninguna denominación tomada á los planetas, para designar alguno de los dias del período hebdomedario. La respuesta fue la siguiente: «Ni el Antiguo ni el Nuevo Testamento, ni la *Mischna*, ni el *Talmut*, ofrecen huella de los nombres de los planetas anexos á los dias. No se acostumbraba tampoco á decir el segundo ó tercero dia de la *shebua;* sino que se contaba por la fecha del mes: sin embargo, la víspera del Sábado se llamaba tambien el sexto dia, sin otra designacion. La palabra Sábado se estendió mas tarde á la semana entera (Ideler, *Handbuch der Chronol.*, t. 1, p. 480); así se vé en el *Talmud*, para los diferentes dias de la semana el 1.°, 2.°, 3.° dia del Sábado, y así los demás. La palabra *ἑβδομάς* por *schebua* no está en el Nuevo Testamento. El *Talmud*, cuya redaccion empieza en el siglo II que se prolonga hasta el V, ofrece epitetos hebráicos aplicados á algunos planetas, á Vénus la *brillante* y al *rojo* Marte. Lo que hay mas de singular en ello es el nombre de *Sabattai*, propiamente *estrella del Sábado*, empleado para designar á Saturno, así como entre los números farisáicos de las estrellas relacionados por Epifanes, el mismo planeta tiene por nombre *Hochab Sabbath.* ¿Es esto lo que hizo que se tomase el dia del Sábado para el dia de Saturno (Saturni sacra dies, dice Tibulo. *Élég.*, lib. 3, v. 18)? Un pasaje de Tácito (*Historias*, lib. V, cap. 4) agrandó el círculo de esas relaciones entre el personaje consagrado por la tradicion legendaria y el planeta del mismo nombre.» Véase tambien Fürst, *Cultur-und Litteraturgeschichte der Juden in Asien*, 1849, p. 40.

No hay duda de que las diferentes fases de la Luna debieron llamar desde luego la atencion de los pueblos cazadores y pastores, y servir de alimento á sus delirios astrológicos. Es, pues, preciso admitir con Ideler, que la semana es un desmembramiento del mes sinódico, un cuarto del cual representa por término medio 7 dias $^3/_8$. Por el contrario, todo lo que respecta al órden de los planetas y á las distancias que los separan entre sí, así como á los nombres de las horas y de los dias, no puede pertenecer sino á una época de civilizacion mucho mas avanzada, y que empieza á mostrar aficiones por las teorías.

En lo que concierne á los nombres de los planetas, aplicados á los dias de la semana, y al órden en el cual se colocaban esos cuerpos celestes (Gemino, *Elem, Astron.*, p. 4; Ciceron, *de República*, lib. VI, cap. 10; Firmico, lib. II, cap. 4), fijándolos todos, segun la opinion mas antigua y mas estendida, entre la esfera de los fijos y la tierra inmóvil, á saber:

Saturno,
Júpiter,
Marte,
El Sol,
Vénus,
Mercurio,
La Luna,

hánse presentado tres suposiciones diferentes: la una pedida á los intervalos musicales; otra á los nombres planetarios de las horas en el vocabulario astrológico; la tercera fundada en una division de los doce signos del zodiaco entre los 36 decanos ó entre los cuerpos planetarios reputados como los señores (domini) de esos decanos, y cuya série está repetida cinco veces, de tal modo, que estando Marte repetido solo seis veces, resulte para cada signo tres decanos ó tres planetas. Las dos primeras hipótesis están espuestas en el notable pasaje de Dion Casio (lib. XXXVII, cap. 17), donde el autor quiso esplicar por qué celebran los Judios el dia de Saturno (nuestro sábado). «Si se aplica, dice, el intervalo musical, que se llama la cuarta, διὰ τεσσάρων, á los siete planetas, segun la duracion de su revolucion, dando el primer lugar á Saturno como el mas lejano, se cae primeramente en el cuarto, el Sol, despues en el sétimo, la Luna, y los planetas se presentan así en el órden en que se suceden los nombres de los dias.» Vincent ha dado un comentario de este pasaje, en su *Memoria sobre los Manuscritos relativos á la Música* (1847, p. 138); véase tambien Lobeck, *Aglaophamus*, p. 941-946. La segunda esplicacion de Dion Casio descansa en la vuelta periódica de las horas consagradas á los planetas. «Si se cuentan, dice, las horas del dia y de la noche, partiendo de la primera hora del dia, y refiriendo esta hora á Saturno, la segunda á Júpiter, la tercera á Marte, la cuarta al Sol, la quinta á Vénus, la sexta á Mercurio, la sétima á la Luna, en el órden en que los Egipcios colocan los planetas, de modo que se empiece siempre por Saturno; se encontrará, despues de haber recorrido la série de veinte y cuatro horas, que la primera hora del dia siguiente será atribuida al Sol, la del tercer dia á la Luna; en una palabra, que la primera hora de cada dia corresponde al planeta al cual debe ese dia su nombre.» Tambien Pablo de Alejandría, matemático astrónomo del siglo IV, hace presidir á cada dia de la semana el planeta que dá su nombre á la hora por que empieza el dia.

Esta manera de esplicar los nombres de los dias de la semana habíase considerado hasta aquí como el mas exacto; pero Letronne, apoyándose en el zodiaco de Bianchini, mucho tiempo olvidado en las colecciones del Louvre, y sobre el cual, sorprendido yo mismo de una singular semejanza entre un zodiaco griego y un zodiaco de los Tártaros kirgiros, habia llamado la atencion de los arqueólogos en 1812, Letronne, repito, declara adoptar con preferencia una tercera esplicacion que consiste en repartir, como se ha visto mas arriba, merced á una multiplicacion, tres planetas sobre cada signo del zodiaco (Letronne, *Observaciones críticas y arqueológicas sobre el objeto de las representaciones zodiacales*, 1824, p. 97-99). Esta distribucion de los planetas entre los treinta y siete decanos de la dodecatemoria, es precisamente la que describe Julio Firmico Materno (lib. II, cap. 4: Signorum decani eorunque domini). Si en cada signo se toma el planeta que está el primero de los tres, se obtiene la série de los dias planetarios de la semana: Dies Solis, Lunæ, Martis, Mercurrii. VIRGO: el *Sol*, Vénus, Mercurio; LIBRA: la *Luna*, Saturno, Júpiter; ECORPION: *Marte*, el Sol, Vénus; SAGITARIO: *Mercurio*... Como, segun Diodoro, los Caldeos contaban primitivamente no siete, sino cinco planetas, no reconociendo por tales mas que los que tenian una apariencia estelar, todas las combinaciones de que acabamos de hablar, en las cuales figuran mas de cinco planetas, no parece que se remontan á los Caldeos, y deben tener un orígen astrológico mucho mas reciente. Véase Letronne, *sobre el orígen del Zodiaco griego*, 1840, p. 29.

Algunos lectores podrán regocijarse de encontrar aquí ciertos esclarecimientos sobre la concordancia que presentan la série de los dias de la semana y la reparticion de los planetas entre los decanos, en el zodiaco de Bianchini. Si se representa cada planeta, siguiendo el órden que habian adoptado los antiguos, por un caracter del alfabeto: Saturno por a, Júpiter por b, Marte por c, el Sol por d, Venus por e, Mercurio por f, la Luna por g, y se forma así la série periódica de estos siete términos:

a b c d e f g, a b c d...

se obtendrá, recordando que cada decano precede á tres planetas, de los cuales el primero da su nombre á uno de los dias de la semana, y suprimiendo dos términos sobre tres, la nueva série periódica:

a b g e f b e, a d g c...

es decir, Dies Saturni, Solis, Lunæ, Martis, etc.

Se obtendrá tambien la misma série

a d g c...

por el método de Dion Casio, segun el cual cada planeta da su nombre al dia cuya primera hora depende especialmente de él. Para llegar á este resultado, basta estraer un término de 24 en cada una de las 7 séries. Es, con efecto, indiferente suprimir en una série periódica cierto número de términos, ó suprimir ese mismo número aumentado en un

múltiplo cualquiera del número de los términos que componen el perió-do: ahora bien, el periodo de que aquí se trata está formado de 7 términos y $23 = 3 \times 7 + 2$. Es, pues, absolutamente igual restar 23 números, segun el método de Dion Casio, ó restar solamente 2, segun la proposicion de Letronne.

En las páginas anteriores hemos señalado ya una analogía singular entre el nombre latino del cuarto dia de la semana, *dies Mercurii*, la dominacion india *Budhavara* y el antiguo nombre sajon *Vôdanes-dag* (Jacobo Grimm, *Deutsche Mythologie*, 1844, t. I, p. 114). La cuestion de identidad que G. Jones pretende establecer entre Budda, fundador del budhismo, y Odin, llamado tambien Wuotan o Wotan, famoso en los cantos heróicos y en la historia de la civilizacion de las razas septentrionales, parecerá quizás mas interesante todavía, si se piensa que el nombre Wotan es el de un personaje mitad fabuloso, mitad histórico, célebre en una parte del Nuevo-Mundo, y sobre el cual he recogido gran número de documentos en mi obra sobre los monumentos y las creencias de las razas americanas (*Vista de las Cordilleras y Monumentos de los pueblos indígenas de la América*, t. I, p. 208 y 382-384; t. II, p. 356). Segun las tradiciones de los habitantes de Chiapa y de Soconusco, el americano Wotan es el descendiente del hombre que, cuando el gran diluvio, se salvó en una barca y renovó el género humano. Dispuso que se hicieran grandes construcciones que, lo mismo que la pirámide mejicana de Cholula, produjeron la confusion de lenguas, la guerra y la dispersion de las razas. Su nombre se introdujo tambien, como el de Odin en Germanía, en el calendario de los naturales de Chiapa, cuyo verdadero nombre era *Teochiapan*· Llamóse, como él, á uno de los periodos de cinco dias, que reunidos de cuatro en cuatro, forman el mes, ya en uso entre los Aztecas y los Chiapaneses. Mientras que los Aztecas designaban sus meses por nombres tomados de las plantas y de los animales, los Chiapaneses distinguan los meses por los nombres de veinte caudillos, llegados del Norte, que los habian llevado hasta aquellos lugares. Los cuatro mas heróicos de entre esos jefes: Wotan ó Wodan, Lambat, Been y Chlnax, abrian las semanas de cinco dias, inaugurados entre los Aztecas por los símbolos de los cuatro elementos. Wotan y los demás jefes pertenecen incontestablemente á la raza de los Toltecas, que antes del siglo VII invadieron el país. El primer historiador de la nacion de los Aztecas, Ixtlilxochitl, cuyo nombre cristiano era Fernando de Alva, dice positivamente en manuscritos fechados á principios del siglo XVI, que la provincia Teochiapan y toda la Guatemala, de una parte á otra estaban pobladas de Toltecas. En los primeros tiempos de la conquista española, habia todavía en el puebleciIlo de Teopixca una familia que se vanagloriaba de descender de Wotan. El obispo de Chiapa, Francisco Nuñez de la Vega, coleccionó muchos documentos acerca de la leyenda americana de Wotan, en su *Preámbulo de las*

constituciones diocesanas. La leyenda del primer Odin escandinavo (Odinn, Othinus) ó Wotan, salido, dice, de las orillas del Volga ¿tiene un orígen histórico? Sobre este particular hay indecision (Jacobo Grimm, *Deutsche Mythologie*, t. I, p. 120-150). A decir verdad, la identidad de los dos héroes, aunque apoyada en otros motivos que la semejanza de los sonidos, no es menos dudosa que la de Wuotan con Budha, ó la que se intentó establecer entre el nombre del legislador de los Indios y el nombre del planeta Budha.

La existencia de una semana hebdomadaria en el Perú, presentada con mucha frecuencia como una analogía semítica entre los dos continentes, es un hecho erróneo. El padre Acosta que visitó el Perú poco tiempo despues de la conquista española, lo habia demostrado ya en su *Historia natural y moral de las Indias* (1591, lib. VI, cap. 3). El inca Garcilaso de la Vega rectifica tambien las noticias que habia dado en un principio (1.ª parte, lib. II, cap. 35), diciendo claramente: que en cada uno de los meses que estaban calculados sobre el curso de la Luna, habia tres dias de fiesta, y que el pueblo debia trabajar ocho dias para descansar el noveno (1.ª parte, lib. VI, cap. 23). Las semanas peruanas estaban, pues, formadas de nueve dias. Véase á este respecto mis *Vistas de las Cordilleras*, t. I, p. 341-343.

(3) Pág. 296.—Bœckh, *Philolaüs*, p. 102 y 117.

(4) Pág. 297.—Es necesario, cuando se quiere escribir la historia de los descubrimientos, distinguir la época en que se ha hecho un descubrimiento de la en que ha sido publicado. La falta de esta precaucion ha sido causa de que se hayan dejado introducir en los manuales astronómicos nombres equivocados y poco acordes. Así, por ejemplo, Huyghens descubrió el sesto satélite de Saturno, Titan, el 25 de marzo de 1655 (Hugenii, *Opera varia*, 1724, p. 523), y no lo dió á conocer hasta el 5 de Marzo 1656 (*Systema Saturnium*, 1659, p. 2). El mismo astrónomo, que se ocupaba sin interrupcion de Saturno desde el mes de marzo de 1655, adquirió desde el 17 de diciciembre de 1657 una nocion clara y completa del anillo que rodea á este planeta (*Syst. Sat.*, p. 29): sin embargo, hasta 1659 no publicó una esplicacion científica de todos los aspectos bajo los cuales se presenta ese fenómeno. Galileo creyó distinguir únicamente dos discos circulares separados de cada lado del planeta.

(5) Pág. 298.—*Cosmos*, t. I, p. 79. Véase tambien Encke, en las *Astronomische Nachrichtem* de Schumacher, t. XXVI, 1848, n.º 622, p. 347.

(6) Pág. 307.—Bœckh, *de Platonico Systemate*, p. XXIV, y *Philolaüs*, p. 100. La série de los planetas, tal como ha sido dada por Gesenio, y que ha servido para denominar los dias de la semana, y para ponerlos bajo la

invocacion de los dioses, está designada positivamente como la mas antigua por Tolomeo (*Almagestas*, lib. XI, cap. 1). Tolomeo vitupera los motivos por los cuales «han colocado los modernos á Venus y Mercurio delante del Sol.»

(7) Pág. 307 —Los Pitagóricos pretendian, con el fin de establecer la realidad de los sonidos musicales producidos por la rotacion de las esferas, que solo puede oirse allí donde hay alternativas de ruido y de silencio (Aristoteles, *de Cœlo*, lib. II, cap. 9, p. 290, núms. 24 y 30, ed. Bekker). Escusábase tambien por la sordera, la no percepcion de esos acordes de las esferas (Ciceron, *de Republica*, lib. VI, cap. 11). El mismo Aristóteles califica la fábula musical de Pitágoras de bella y de ingeniosa (κομψῶς καὶ περιττῶς), y no le hace mas cargo que el de no ser verdadera (*ibid.*, núms. 12 y 15).

(8) Pág. 807.—Bœckh, *Philolaüs*, p. 90.

(9) Pág. 308.—Platon, *de Republicâ*, lib. X, p. 617. Ese filósofo calcula las distancias de los planetas segun dos progresiones diferentes, una de las cuales tiene por razon 2, la otra 3, lo que compone la série 1, 2, 3, 4, 9 8, 27. Esta es la misma série que se encuentra en el *Timéo*, en el sitio que trata de la division aritmética del alma del mundo (p. 35, ed. Estienne). Platon ha considerado simultáneamente las dos progresiones geométricas 1, 2, 4, 8 — y 1, 3, 9, 27; despues ha intercalado los términos, lo que ha dado la série de los números 1, 2, 3, 4, 9, 8, 27. Véase Bœckh),en los *Studien* de Daub y Creuzer, t. III, p. 34-43; H. Martin, *Estudios sobre el Timéo*, t. I, p. 384, y t. II, p. 64. Véase tambien Prevost, *sobre el Alma segun Platon*, en las *Memórias de la Academia de Berlin* para 1802, p. 90 y 97; y otro escrito de este mismo autor en la *Bibliotcca britanica*, Ciencias y Artes, t. XXXVII, 1808, p. 153.

(10) Pág. 308.—Véase el ingenioso escrito del profesor Fernando Piper, *von der Harmonie der Sphœren*, 1850, p. 12-18. Ideler hijo (*Hermapion*, 1841, 1.ª parte, p. 196-214), ha tratado en detalle y con gran saber y crítica, de la pretendida relacion que existe entre las siete vocales de la antigua lengua egipcia y los siete planetas, así como de himnos astrológicos, en que abundan las vocales, y que cantaban los sacerdotes egipcios. Esta hipótesis que adelantada por Seyfarth, el cual se fundaba en un pasaje del pseudo Demetrio de Phalere, quizás Demetrio de Alejandría (*de Interpret.*, § 71), acerca de un epígrama de Eusebio, y sobre un manuscrito gnóstico, conservado en Leyde, habia ya sido refutada por las investigaciones de Zoega y de Tælken. Lobeck, *Aglaophamus*, p. 902.

(11) Pág. 308.—Acerca del desarrollo progresivo de las ideas musicales de Keplero, véase el comentario del *Harmonice Mundi*, por Apelt, en la obra titulada *Johann Kepler's Weltausicht*, 1849, p. 76-116, y Delambre, *Historia de la Astronomia moderna*, t. I, p. 352-36.

(12) Pág. 308.—*Cosmos*, tomo II, pág. 305.

(13) Pág. 309.—Ticho habia destruido la hipótesis de las esferas de cristal, en las cuales se suponian fijos á los planetas. Keplero le alaba en esta empresa; pero insiste en representar el firmamento como una envuelta esférica sólida, de dos millas alemanas de espesor, sobre la cual brillan doce estrellas de primera magnitud, situadas todas á igual distancia de la Tierra, y correspondiendo á los ángulos de un icosaedro. Las estrellas dice, *lumina sua ab intus emittunt*; y aun durante largo tiempo creyó los planetas luminosos por sí mismos, hasta que Galileo le hizo entrar en ideas mas exactas. Aunque de acuerdo en esto con muchos filósofos de la antigüedad y con Giordano Bruno, consideraba todas las fijas como soles semejantes al nuestro; sin embargo, examinando la hipótesis segun la cual cada una de esas estrellas está rodeada de planetas, no se inclina á adoptarla tanto como yo habia supuesto en un principio. (*Cosmos*, t. II, p. 316.) Véase Apelt, *Kepler's Weltansicht*, p. 21-24.

(14) Pág. 309.—En 1821 fue solo cuando Delambre hizo notar (*Historia de la Astronomia moderna*, t. I, p. 314) en los pasages que tomó de Keplero, y que completos bajo el punto de vista astronómico, no lo son bajo el punto de vista astrológico, la hipótesis de un planeta imaginado por Keplero entre Mercurio y Venus. «Ninguna atencion se ha prestado» dice, á esta suposicion de Keplero, cuando se han formado proyectos para descubrir el planeta que (segun otra de sus predicciones) debia girar entre Marte y Júpiter.»

(15) Pág. 309.—«El notable pasage respecto de una laguna (*hiatus*) entre Marte y Júpiter se encuentra en la obra titulada *Prodromus dissertationum cosmographicarum, continens Mysterium cosmographicum de admirabili proportione orbium cœlestium*, 1596, p. 7: «Cum igitur hac non succederet, alia via, mirum quam audaci, tentavi aditum. Inter Jovem et Martem interposui novum Planetam, itemque alium inter Venerem et Mercurium, quos duos forte ob exilitatem non videamus, iisque sua tempora periodica ascripsi. Sic enim existimabam me aliquam æqualitatem proportionum effecturum, quæ proportiones inter binos versus Solem ordine minuerentur, versus fixas augescerent: ut proprior est Terra Veneri quantitate orbis terrestris, quam Mars Terræ, in quantitate orbis Martis. Verum hoc pacto neque unius planetæ interpositio sufficiebat in-

genti hiatu, Jovem inter et Martem: manebat enim major Jovis ad illum novum proportio, quam est Saturni ad Jovem. Rursus alio modo exploravi.....» Keplero tenia veinticinco años cuando escribia esas líneas. Se ve cuánto se recreaba su espíritu inquieto en crear hipótesis que abandonaba en seguida por otras. Conservó siempre la firme esperanza de descubrir leyes numéricas allá donde las perturbaciones múltiples de las fuerzas atractivas han determinado á la materia cósmica á condensarse en globos planetarios, y á moverse, ya aisladamente en órbitas sencillas y casi paralelas entre sí, ya por grupos, sobre órbitas enlazadas maravillosamente. Keplero no comprendia que á consecuencia de la ignorancia en que estamos de las condiciones accesorias, esas perturbaciones complicadas escapan al cálculo, y que así sucede tambien con el orígen y constitucion de gran número de objetos en la naturaleza.

(16) Pág. 310.—Newtoni, *Opuscula mathematica, philosophica et philologica*, 1744, t. II. Opusc. XVIII, p. 246: «Chordam musice divisam potius adhibui, non tantum quod cum phænomenis (lucis) optime convenit, sed quod fortasse, aliquid circa colorum harmonias (quarum pictores non penitus ignari sunt), sonorum concordantiis fortasse analogas, involvat. Quemadmodum verisimilius videbitur inmadvertenti affinitatem, quæ est inter extimam Purpuram (Violarum colorem) ac Rubedinem, Colorem) ac Rubedinem, Colorum extremitates, qualis inter octavæ terminos (qui pro unisonis quodammodo haberi possunt) reperitur..-..» Véase tambien Prévost, en las *Memorias de la Academia de Berlin* para 1802, p. 77-93.

(17) Pág. 310.—Séneca, *Naturales Quæstiones*, lib. VIII, cap. 13: «Non has tantum stellas quinque discurrere, sed solas observatas esse: ceterum innumerabiles ferri per occultum.»

(18) Pág. 311.—Las esplicaciones dadas por Heine en su disertacion de *Arcadibus Luna anquilioribus* (Opusc. Acad., t. II, p. 332) acerca del orígen del mito astronómicó de los Proselenios, tan estendido en la antigüedad, no me satisfacieron; así que esperimenté un placer mucho mayor cuando recibí de un filólogo dotado de gran penetracion, mi amigo el profesor J. Frantz, una solucion nueva y muy acertada, de un problema tan frecuentemente discutido. Esta solucion, obtenida merced a una simple asociacion de ideas, no tiene relacion alguna ni con la disposiciones del calendario de los Arcadios, ni con el culto de ese pueblo por la Luna. Me limito á dar aquí un estracto de un trabajo inédito y mucho mas completo. En una obra en la cual me he impuesto como ley referir frecuentemente la suma de nuestros conocimientos actuales á la de los conocimientos de la antigüedad y tradiciones variables ó generalmen-

te miradas como tales, esta esplicacion será, así lo espero, bien recibida por algunos de mis lectores.

«Empezaremos por los pasajes principales que, entre los antiguos, se refieren á los Proselenos. Esteban de Bizancio, en la palabra Αρκάς, indica el logógrafo Hipys de Rhegium, contemporáneo de Jerges y de Darío, como el primero llamado por los Arcadios προσελήνους. El escoliasta de Apolonio de Rodas (lib. IV, v. 264), y el de Aristófanes (*Nubes*, v. 397) están conformes en decir que la remota antigüedad de los Arcadios está atestiguada especialmente por la calificacion de προσέληνοι. Así, habia un pueblo que era reputado como anterior á la Luna, como afirman tambien Eudosio y Teodoro: el ultimo añade ademas que la Luna apareció poco antes del combate de Hércules. Aristóteles dice al ocuparse de la constitucion de los Tegeatos: que los bárbaros que poblaban primitivamente la Arcadia habian sido arrojados y reemplazados por otros habitantes antes de la aparicion de la Luna, de donde tomaron el nombre de προσέληνοι. Cuentan otros que Endimion descubrió el movimiento de la Luna, y que como era Arcadio, sus compatriotas fueron llamados προσέληνοι. Luciano se levanta contra las pretensiones de los Arcadios (de Astrologia, cap. 26): «Es locura de su parte, dice, querer ser anteriores á la Luna.» El escoliasta de Esquilo (*Ad Prometh.*, v. 436) nota que προσελούμενον tiene el mismo sentido que ὑβριζόμενον, y que los Arcadios fueron apellidados προσέληνοί en razon á su violencia. Todo el mundo conoce los pasages de Ovidio acerca de la existencia antilunar de los Arcadios. Una nueva opinion se ha abierto paso en estos últimos tiempos, y es que la antigüedad entera se habria dejado engañar por la forma προσέληνοι, que no seria otra que la palabra προέλληνοι, y significaria anterior á los Elenos. Sábese que la Arcadia estaba con efecto habitada por Pelasgos.

»Si puede probarse, continua el profesor Frantz, que algun pueblo unia tambien su orígen al de otro astro, no habrá necesidad de recurrir á etimologías engañosas. Esta prueba existe de un modo decisivo. El sábio retórico Menandro que vivia en la segunda mitad del siglo III antes de Jesucristo, dice testualmente en su Tratado de *Economii* (sec. II, cap. 3, ed. Heeren). El tercer punto que añade valor á las cosas y puede hacer su elogio, es el tiempo: mérito es este que no se deja de invocar para todos los objetos muy antiguos, cuando por ejemplo decimos de una ciudad ó de un país que fueron fundados ó habitados antes de tal ó cual astro, ó en el momento mismo de su aparicion, antes ó despues del diluvio, como los Atenienses pretenden haber nacido al mismo tiempo que el Sol, como los Arcadios creen remontarse mas allá de la Luna, como los habitantes de Delfos afirman que vinieron al mundo inmediatamente despues del diluvio: porque estos son puntos de partida en el tiempo y como otras tantas eras distintas.

«Asi la isla de Delfos, cuya relacion con el diluvio de Deucalion se halla tambien establecida por otros testimonios (Pausanias, lib. X, c. 6), cede en antigüedad á la Arcadia, y esta á su vez á Atenas. Apolonio de Rodas se inspiró en las mismas tradiciones cuando dice (lib. IV, v. 261) que el Egipto fué la primera comarca que recibió habitantes: «Todos los astros no describian aun sus órbitas en el firmamento: nadie habia oido hablar de los hijos de Danao: la única raza que existia era la de los Arcadios, que segun los poetas vivian antes que la Luna y se alimentaban de frutos en las montañas.» Nono dice tambien de la ciudad de Beroë en Siria, que fué habitada con anterioridad á la aparicion del Sol (*Dionis.*, lib. XLI).

«La costumbre de tomar términos fijos á las grandes épocas de la creacion del mundo ha nacido en este período contemplativo cuyas ficciones nos parecen aun tan vivas, y tienen mas interés para nosotros que las concepciones de las edades posteriores, y pertenece á la poesía genealógica que ha florecido en cada localidad. Asi, no es inverosímil que la leyenda del combate de los gigantes en Arcadia, á la cual aluden las palabras citadas mas arriba del historiador Teodoro, oriundo de la Samotracia, segun algunos críticos, y cuya obra debia abarcar una vasta materia, que esta leyenda, repito, cantada por algun poeta de la Arcadia, haya estendido el uso de la palabra προσέληνοι aplicada á los Arcadios.»

Respecto de la doble denominacion de Ἀρκάδες Πελασγοί, y sobre la distincion entre las dos razas que se han sucedido en Arcadia, véase la escelente obra de Ernesto Curtio, *der Peloponnesos*, 1851, p. 160 y 180. Ya he demostrado en otra parte (*Kleine Schriften*, t. I, p. 115) que en el nuevo continente, sobre la meseta de Bogotá, la tribu de los Muyscas ó Mozcas se vanagloriaba tambien de ser anterior á la Luna. El nacimiento de la Luna se liga á la leyenda de una gran inundacion causada por los sortilegios de una mujer llamada Huythaca ó Schia, que acompañaba al mágico Botschika. Arrojada por Botschika, esta mujer abandonó la Tierra y llegó á la Luna «que hasta entonces no habia aun lucido sobre los Muyscas.» Botschika tuvo piedad de la especie humana, y rompió con su mano poderosa un trozo de roca abierta, cerca de Canoas, en el sitio donde el Rio de Funzha forma hoy la célebre cascada de Tequendama. El valle inundado fué de este modo desecado. Esta novela geológica se repite en diferentes sitios; especialmente en el valle alpino de Cachemira, donde el genio poderoso que arroja las aguas se llama Kasyapa.

(19) Pág. 312.—Carlos Bonnet, *Contemplacion de la Naturaleza*, traduccion alemana por Ticio, 2.ª edicion, 1772, p. 7, nota 2 (la primera edicion era de 1766). En la obra original de Bonnet, no se habla de esta ley de las distancias. Véase tambien Bode, *Anleitung zur Kenntniss des gestirnten Himmels*, 2.ª edicion, 1772, p. 462.

(20) Pág. 313.—Si se divide con Ticio en cien partes la distancia del Sol á Saturno, reputado en aquella época como el planeta mas retirado, y si se fija la distancia de los demás planetas como sigue, segun la pretendida progresion 4, 4 + 3, 4 + 6, 4 + 12, 4 + 24, 4 + 48:

Mercurio	Vénus	la Tierra	Marte	Peq. Plan.	Júpiter
4/100	7/100	10/100	16/100	28/100	52/100

se puede, evaluando la distancia de Saturno en 197,3 millones de millas geográficas, trazar el cuadro siguiente que permite formar juicio de los errores que contiene la ley de Ticio:

DISTANCIAS AL SOL en millas geográficas de 15 al grado SEGUN TICIO.			DISTANCIAS VERDADERAS, en millas geográficas DE 15 AL GRADO.	
Mercurio	7,9	millones.	8,0	millones.
Vénus	13,8	—	15,0	—
La Tierra	19,7	—	20,7	—
Marte	31,5	—	31,5	—
Los pequeños planetas	55,2	—	55,2	—
Júpiter	102,6	—	107,5	—
Saturno	197,3	—	197,3	—
Urano	386,7	—	396,7	—
Neptuno	765,5	—	621,2	—

(21) Pág. 313.—Véase Wurm, en Bod's *Astron. Jahrbuch* für 1790 p. 168, y Bode, *von dem neun zwischen Mars und Jupiter entdeckten achten Hauptplaneten des Sonnensystems*, p. 45. Adoptando la correccion de Wurm se halla para las distancias de los diferentes planetas al Sol, los resultados siguientes:

Mercurio	387 partes.					
Vénus	387 +			293	=	680
La Tierra	387 +	2	×	293	=	973
Marte	387 +	4	×	293	=	1559
Los pequeños planetas	387 +	8	×	293	=	2731
Júpiter	387 +	16	×	293	=	5075
Saturno	387 +	32	×	293	=	9763
Urano	387 +	64	×	293	=	19139
Neptuno	387 +	128	×	293	=	37891

Con el fin de que se pueda apreciar la exactitud de esos resultados, indico en la tabla que sigue las verdaderas distancias medias de los planetas, tales como se admiten hoy, añadiendo á estas las cifras que Keplero miraba como verdaderas hace dos siglos y medio, segun las observaciones de Ticho. Tomo esos números de la obra de Newton, *de Mundi Systemate (Opus. mathem. philos. et philol.*, 1744, t. II, p. 11):

PLANETAS.	VERDADERAS DISTANCIAS.	RESULTADOS de KEPLERO.
Mercurio.	0,38709	0,38806
Vénus..	0,72333	0,72400
La Tierra.	1,00000	1,00000
Marte.	1,52369	1,52350
Juno.	2,66870	. . . . .
Júpiter.	5,20277	5,19650
Saturno.	9,53885	9,51000
Urano..	19,18239	. . . . .
Neptuno.	30,03628	. . . . .

(22) Pág. 316.—Keplero, que indudablemente entusiasmado por los «divinos descubrimientos» de su contemporáneo, justamente célebre, Guillermo Gilbert, miraba el Sol como un cuerpo magnético, y afirmaba que ese astro se movia en el mismo sentido que los planetas aun antes de que las manchas hubiesen sido descubiertas, Keplero, declara en el *Commentarius de motibus Stellæ Martis* (cap 23), y en su *Astronomiæ pars optica* (cap. 6), «que el Sol es el mas denso de todos los cuerpos celestes porque pone en movimiento á todos los que pertenecen á su sistema »

(23) Pág. 316.—Newton, *de Mundi Systemate (Opuscula*, t. II, p. 17): «Corpora Veneris et Mercurii majore Solis calore magis cononcta et coagulata sunt. Planetæ ulteriores, defectu caloris, carent substantiis illlis metallicis et mineris ponderosis quibus Terra referta est. Densiora corpora quæ Soli propiora: ea ratione constabit optime pondera Planetarum omnium esse inter se ut vires.»

(24) Pág. 320.—Mædler, *Astronomia*, § 193.

(25) Pág. 321.—Humboldt, *de Distributione Geographica Plantarum*, p. 104, y *Cuadros de la Naturaleza*, t. I, p. 125-127 de la traduc. franc. publicada por Gide y Baudry, 1851.

(26) Pág. 322.—«La estension entera de esta variacion seria de 12 grados próximamente, pero la accion del Sol y de la Luna la reduce casi á 3 grados (centesimales).» (Laplace, *Esposicion del Sistema del Mundo*, p. 303).

(27) Pág. 322.—He hecho ver en otra parte, por la comparacion de numerosos términos medios de temperatura anual, que en Europa, desde el Cabo Norte hasta Palermo, la diferencia es casi de 0°,5 del termómetro centígrado, por cada grado de latitud, mientras que en el sistema de temperatura que reina en las costas de America entre Boston y Charlestown, á cada grado de latitud corresponde una diferencia de 0°,9. Véase Humboldt, *Asia central*, t. III, p. 229.

(28) Pág. 323.—*Cosmos*, t. II, p. 381 (nota 6).

(29) Pág. 323.—Véase Laplace, *Esposicion del Sistema del Mundo*, 5.ª edic., p. 303, 345, 403, 406 y 408, y en *el Conocimiento de los tiempos* para 1811, p 386. Véase tambien Biot, *Tratado elemental de Astronomía física*, t. I, p. 61; t. IV, p. 90-99 y 614-623.

(30) Pág. 324.—Garcilaso, *Comentarios Reales*, parte I, lib. II, cap. 22-26; Prescott, *History of the Conquest of Peru*, t. I, p. 126. Los Mejicanos, entre los 20 signos geroglíficos con que designaban las partes de dia, tenian uno llamado Ollin-tonathiuh, es decir, «el signo de los cuatro movimientos del Sol,» por el cual sentian singular veneracion. Este signo presidia al gran ciclo ó período de 52 años ($52 = 4 \times 13$), y representaba la marcha del Sol á través de los solsticios y los equinoccios, que se acostumbraban á representar en caractéres geroglíficos por huellas de pasos. En el manuscrito azteca, pintado cuidadosamente, que se conservaba antiguamente en la casa de recreo del Cardenal Borgia, en Velletri, y del cual he tomado cosas muy importantes, se encuentra con asombro un signo astrológico, formado de una cruz cerca de la que están colocados signos que representan las partes del dia, y que representarian perfectámente los tránsitos del Sol en el zénit de Méjico (Tenochtitlan), en el ecuador y en los solsticios, si los puntos ó discos redondos que se le han añadido con el fin de marcar las vueltas periódicas fuesen completos para esos tres tránsitos. (Humboldt, *Vista de las Cordilleras*, lam. XXXVII, n.° 8, p. 164, 189 y 237). El rey de Tezcuco, Nezahualpilli, aficionado con pasion á la observacion de los astros, y llamado

hijo del ayuno porque su padre se habia sometido al ayuno mucho antes del nacimiento del hijo que deseaba con toda el alma, habia levantado un edificio que Torquemada llama galantemente observatorio, y cuyas ruinas llegó á ver aun (*Monarquia Indiana*, lib. II c. 64). En la *Raccolta di Mendoza* vemos representado un sacerdote que observa las estrellas: esta ocupacion está indicada por una línea de puntos que va de la estrella al ojo del observador (*Vistas de las Cordilleras*, lam. LVIII, n.° 8, p. 289).

(31) Pág. 326.—Véase Juan Herschell, *on the astronomical causes which may influence geological Phœnomena,* dans les *Transactions of the Geological Society of London*, 2.ª série, t. III, 1.ª part., p. 298, y *Tratado de Astronomia*, traducido por Cournot, § 315.

(32) Pág. 327.—Arago, t. V, de las *Noticias cientificas* (t. VIII de las *Obras*).

(33) Pág. 327.—«Se sigue del teorema de Lambert que la cantidad de calor enviada por el Sol á la Tierra es la misma yendo del equinoccio de la primavera al equinoccio de otoño, que volviendo de este al primero. La mayor cantidad de tiempo que el Sol emplea en el primer trayecto está compensada exactamente por su alejamiento tambien mayor; y las cantidades de calor que envia á la Tierra son las mismas, en tanto se encuentra en el uno ó en el otro hemisferio, boreal ó austral.» (Poisson *sobre la estabilidad del Sistema planetario*, en el *Conocimiento de los tiempos* para 1836, p. 54).

(34) Pág. 327.—Véase Arago, t. V. de las *Noticias cientificas*, (t. VIII de las *Obras*). «La escentricidad, dice Poisson (*Conocimiento de los tiempos* para 1836, p. 38 y 52), habiendo sido siempre, y debiendo siempre permanecer muy pequeña, parece que tambien deberia estar muy limitada la influencia de las variaciones seculares de la cantidad de calor solar recibida por la Tierra sobre la temperatura media. No podria admitirse que la escentricidad de la Tierra que es en la actualidad próximamente $^1/_{60}$ haya sido nunca ni llegue á ser jamás $^1/_4$, como la de Juno ó Palas.»

(35) Pág. 328.—*Outlines of Astron.*, § 432.

(36) Pág. 330.—*Outlines*, § 548.

(37) Pág 331.—Véase en *la Astronomia* de Mædler, p. 218, la tentativa hecha por este astrónomo para determinar con un aumento de mil veces, el diámetro de Vesta, que evalua en 40 miriámetros próximamente.

(38) Pág. 332—Habia tomado por base de los cálculos que he dado en el primer tomo del *Cosmos* (p. 85), el semi-diámetro ecuatorial de Saturno.

(39) Pág. 332.—Véase *Cosmos*, t. III, p. 193.

(40) Pág. 332.—He espuesto en detalle en el Cuadro de la Naturaleza colocado á la cabeza del *Cosmos*, (t. I, p. 129-131), todo lo que es relativo al movimiento de traslacion del Sol: véase tambien, (t. III, p. 175.

(41) Pág. 335.—*Cosmos*, t. III, p. 357.

(42) Pág. 335.—Véanse las observaciones hechas por el matemático sueco Bigero Vassenio, en Gothembourg, durante el eclipse total del 2 de Mayo de 1733, y el comentario que ha dado de él Arago *Noticias científicas*, t. IV (t. VII de las *Obras*), p. 266 á 280. El doctor Gall, que observaba en Frauenbourg el 28 de julio de 1851, vió «que pequeñas nubes flotantes libremente, estaban unidas por tres delgados filamentos.»

(43) Pág. 335,—Véase en el mismo tomo, p. 244, las notas hechas en Tolon el 8 de julio de 1842, por un observador práctico, el capitan de navío Berard. «Vió una faja roja muy delgada, dentada irregularmente.»

(44) Pág. 335.—Este contorno de la Luna, visto distintamente durante el eclipse solar de 8 de julio de 1642, por cuatro observadores, no habia sido descrito todavia en las ocasiones análogas que se han presentado. La posibilidad de ver los bordes de la Luna esteriores al disco solar parece depender de la luz que proviene de la tercera envuelta del Sol y de la corona que le rodea. «La Luna se proyecta *en parte* sobre la atmósfera del Sol. En la parte del anteojo donde se forma la imágen de la Luna, no hay mas que la luz que proviene de la atmósfera terrestre. La Luna no produce nada sensible, y, semejante á una pantalla, detiene todo lo que proviene de mas lejos y le corresponde. Fuera de esta imágen, y precisamente á partir de su estremo, el campo está *iluminado* á la vez por la luz de la atmósfera terrestre y por la *luz de la atmósfera solar*. Supongamos que esas dos luces reunidas forman un total mayor en $^1/_{60}$ que la luz atmosférica terrestre, y desde ese momento, el borde de la Luna será visible. Ese género de vision puede tomar el nombre de *vision negativa*, y es con efecto por una menor intensidad de la porcion del campo del anteojo donde existe la imágen de la Luna, por lo que se percibe el *contorno* de esta imágen. Si la imágen fuese *mas intensa* que el resto del

campo, la vision seria positiva.» (Arago, *Noticias científicas*, t. IV (t. VII de las *Obras*, p. 221. Véase tambien el *Cosmos*, t. III, p. 152.

(45) Pág. 336.—*Cosmos*, t. III, p. 350-354.

(46) Pág. 336.—Lepsio, *Chronologie der Ægypter*, 1.ª parte, p. 92-96.

(47) Pág. 336.—*Cosmos*, t. III, p. 541 (nota 1).

(48) Pág. 336.—*Cosmos*, t. II, p 219

(49) Pág. 336.—Véase Lalande, en las *Memorias de la Acad. de Ciencias* para 1766, p. 498. Delambre, *Historia de la Astronomia antigua*, t. II, p. 320.

(50) Pág. 336.—*Cosmos*, t. III, p. 541 (nota 1).

(51) Pág 336..—Cuando el paso de Mercurio por el Sol, el 4 de mayo de 1832, Mædler y Beer (*Beitræge zur physischen Kenntniss der himmlischen Kærper*, 1841, p. 145) han encontrado el diámetro de este planeta igual á 432 miriámetros; pero en la edicion de su Astronomía publicada en 1849, Mædler ha preferido el resultado dado por Bessel.

(52) Pág. 337.—Laplace, *Esposicion del Sistema del Mundo*, 1824, p. 209. El ilustre autor conviene en que para determinar la masa de Mercurio. se ha fundado en «la hipótesis precaria en estremo de que las densidades de Mercurio y de la Tierra son recíprocas á su distancia media del Sol.» No he creido deber hablar ni de las cadenas de montañas de 58,000 pies de altura que Schrœter pretende haber medido sobre la superficie de de Mercurio, y que han sido ya puestas en duda por Kaisser (*Sternenhimmel*, 1850, § 57), ni de una atmósfera señalada por Lemonnier y Messier, vista alrededor de este planeta cuando su paso por el Sol (Delambre, *Historia de la Astronomia en el siglo XVIII* p. 222), ni de grupos de nubes que habrian atravesado su disco ú oscurecimientos que hubieran sufrido su superficie. Por mi parte yo no he notado nada que descubriera una atmósfera, cuando el paso que observé en el Perú, el 8 de noviembre de 1802, aunque durante la observacion fijara mucho la atencion en la claridad de los contornos.

(53) Pág. 338.—«La region de la órbita de Venus en que este planeta puede aparecernos con mayor brillo hasta el punto mismo de ser visible sin telescopio en pleno dia, está colocada entre la conjuncion inferior y la mayor prolongacion, á poca distancia de este último punto, y á 40° del Sol

ó de la conjuncion inferior. Por término medio, Venus goza de su mayor brillantez á los 40° al E. ó al O. del Sol, cuando su diámetro aparente, que en conjuncion inferior puede llegar á 66″, no tiene mas que 40, y la estension de su parte iluminada es apenas de 10″. La proximidad de la Tierra presta entonces á su estrecho creciente una luz tan intensa que da vida á sombras en ausencia del Sol.» (Litrow *Theorische Astronomie*, 1834, 2.ª parte, p. 68). Copérnico ¿previó con efecto y anunció tambien como necesario el futuro descubrimiento de las fases de Venus, como se afirma en el libro de Smith (*Optic.* sec. 1050), y en otros muchos escritos? Las profundas investigaciones del profesor De Morgan, sobre la obra *de Revolutionibus* y sobre la manera como ha llegado á nosotros, han hecho la pregunta escesivamente dudosa. Véase la carta de Adams al R. P. Main, fecha del 7 de setiembre de 1846, en las *Reports of the Royal Astron Society*, t. VII, número 9, p. 142 y el *Cosmos*, t. II. 314.

(54) Pág. 339.—Delambre, *Historia de la Astronomia en el siglo XVIII*, p. 256-258. El resultado de Bianchini ha sido defendido por Hussey y Flaugergues.

(55) Pág. 339.—Véase sobre la notable observacion hecha en Lilienthal, el 12 de agosto, 1790, Arago, *Astronomia popular*, t. II, p. 528. «Lo que favorece tambien la probabilidad de la existencia de una atmósfera que envuelva á Venus, dice además Arago, es el resultado óptico obtenido con el empleo de un anteojo prismático. La intensidad de la luz del interior del creciente es sensiblemente mas pequeña que la de los puntos situados en la parte circular del disco del planeta.» (*Manuscritos* de 1847).

(56) Pág. 340.—Beer y Mædler, *Beitræge zur physischen Kenntniss der himmlischen Kœrper*, p. 148. El pretendido satélite de Venus, que Fontana, Domingo Cassini y Short pretendieron haber descubierto, por el cual calculó Lambert sus tablas y que se dice haber sido visto en Creefeld en medio del disco solar, tres horas por lo menos antes de la inmersion de Venus (*Berliner Jahrbuch*, 1778, p. 186), es una de esas fábulas astronómicas nacidas en una época en que la crítica habia hecho pocos progresos.

(57) Pág. 340.—*Philosophical Transact.* 1795, t. LXXXVI, p. 214.

(58) Pág. 342.—*Cosmos*, t. III, p. 83.

(59) Pág. 342.—«La luz de la Luna es amarilla, mientras que la de Vénus es blanca. Durante el dia la Luna parece blanca, porque á la luz del disco lunar se mezcla la luz azul de la parte de la atmósfera que atraviesa la luz amarilla de la Luna.» (Arago, *Manuscritos de* 1847). Los co-

lores mas refrangibles del espectro solar, comprendidos entre el azul y el violeta, pueden formar blanco, cuando se combinan con los colores menos refrangibles comprendidos entre el rojo y el verde.

(60) Pág. 342.—Forbes, *on the Refraction and Polarisation of Heat*, en las *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, t. XIII, 1836, p. 131.

(61) Pág. 343.—Carta de Melloni á Arago, *sobre la potencia calorifica de la luz de la Luna* en las *Memorias*, t. XXII, 1846, p. 541-544. Véase tambien para los datos históricos, *le Jahresbericht der phisikalischen Gesellschaft zu Berlin*, t. II, p. 272. Siempre me ha parecido digno de observacion que en los tiempos mas atrasados, en que no se reconocia el calor sino por la impresion que producia en los sentidos, haya la Luna dado lugar antes que nada á la idea de que podian encontrarse separadamente la luz y el calor. En sanscrito, la Luna, honrada entre los Indios como reina de las estrellas, se llama el *astro frio* ('sîtala, hima) ó tambien el *astro de donde irradia el frio* (himân'su), mientras que el Sol, representado por rayos de luz que caen de sus manos, es llamado *el creador del calor* (nidâghakara). Las manchas de la Luna en las cuales creen ver los pueblos occidentales un rostro, representan, segun las ideas indias, un corzo ó una liebre; de donde recibe el Sol los nombres de portador de corzo (mrigadhara) ó portador de liebre (sa'sabhrit). Véase Schütz, *five Cantos of the Bhatti-Kâvya*, 1837, p. 19-23.—Quejábanse los Griegos de que «la luz solar, reflejada por la Luna, perdia todo su calor, y que no llegaba de ella á nosotros mas que un débil resto luminoso.» (Plutarco, *de Facie quæ in orbe Lunæ apparet;* ed. Wyttenbach, t. IV, Oxon., 1797, p. 793). Léese en Macrobio (*Comment. in Somnium Scipionis*, lib. I, p. 19, Biponti, 1788, t. I, p. 93 y 94): « Luna speculi instar lucem quâ illustratur... rursus emittit, nullum tamen ad nos perferentem sensum caloris: quia lucis radius, cum ad nos de origine suâ, id est de Sole, pervenit, naturam secum ignis de quo nascitur devehit; cum vero in Lunæ corpus infunditur et inde resplendet, solam refundit claritatem, non calorem.» Macrobio, *Saturnal*, lib. VII, cap, 16, Biponti, t. II. p. 277.

(62) Pág. 343.—Mædler, *Astronomia*, § 112.

(63) Pág. 344.—Véase Lambert, *sobre la luz cenicienta de la Luna*, en las *Memorias de la Academia de Berlin*, año 1772, p. 46: «La Tierra, vista desde los planetas podrá aparecer de una luz verdosa, como Marte nos parece de un color rojizo.» No podemos, sin embargo, adherirnos á la hipótesis propuesta por ese ingenioso sábio, de que el planeta Marte está cubierto de una vegetacion roja, semejante á los chaparros de Bougain-

villæa (Humboldt, *Cuadros de la Naturaleza*, t. II, p. 323 de la traduccion francesa, publicada por Gide y Baudry, 1851). «Cuando en la Europa central está colocada por la mañana la Luna antes de su renovacion en el Oriente, recibe la luz terrestre principalmente de las grandes mesetas del Asia y del Africa. Cuando por el contrario, la nueva Luna está colocada por la tarde al Oeste, no puede recibir sino un reflejo menos intenso de la luz terrestre que le envia el continente americano, menos estendido que el otro, y sobre todo el Océano.» (Beer y Mædler, *der Mond nach seinenkosmischen Verhæltnissen*, § 106, p. 162.)

(64) Pág. 344.—*Sesion de la Academia de Ciencias*, el 5 de agosto 1833: «Arago señala la comparacion de la intensidad luminosa de la porcion de Luna que los rayos solares iluminan directamente con la de la parte del mismo astro, que recibe únicamente los rayos reflejados por la Tierra. Cree, segun las esperiencias que ha intentado con este motivo, que con instrumentos perfeccionados, se podrán conocer en la *luz cenicienta* las diferencias de brillo mas ó menos nebulosas de la atmósfera de nuestro globo. No es, pues, imposible, á pesar de todo lo que semejante resultado sorprenderia al primer golpe de vista, que un dia los meteorologistas vayan á recoger del aspecto de la Luna nociones preciosas acerca del *estado medio* de diafanecidad de la atmósfera terrestre, en los hemisferios que concurren sucesivamente á la reproduccion de la luz cenicienta.»

(65) Pág. 344. — Venturi, *Ensayo sobre las obras de Leonardo de Vinci*, 1797, p. 11.

(66) Pág. 344.—Keplero, *Paralipomena vel Astronomiæ pars optica*, 1604, p. 297.

(67) Pág. 345.—«Concíbese que la vivacidad de la luz roja no depende únicamente del estado de la atmósfera, que refracta mas ó menos debilitados los rayos solares, inflexándolos en el cono de sombra, sino que está modificada sobre todo por la trasparencia variable de la parte de la atmósfera á través de la cual distinguimos la Luna eclipsada. Bajo los trópicos, un cielo sereno, una diseminacion uniforme de los vapores, disminuyen la estincion de la luz que el disco solar nos envia.» (Humboldt, *Viaje á las Regiones equinocciales*, t. III, p. 544, y *Colec. de Observ. astronomicas*, t. II, p. 145.) Léese en la *Astronomia popular*, t. III, p. 494, esta nota de Arago: «Los rayos solares llegan á nuestro satélite por efecto de una refraccion, y á consecuencia de una absorcion en las capas mas bajas de la atmósfera terrestre ¿podrian tener otro color que el rojo?»

(68) Pág. 345.—Babinet, en una Noticia sobre las diferentes propor-

ciones de las luces, blanca, azul ó roja, que se producen cuando la inflexion de los rayos presenta esta coloracion roja, como consecuencia de la difraccion; véase el *Repertorio de Optica moderna de Moigno*, 1850, t. IV, p. 1656: «La luz difractada, dice Babinet, que penetra en la sombra de la Tierra, predomina siempre y aun ha sido solo la sensible. Es tanto mas roja ó naranjada cuanto mas cerca se halla del centro de la sombra geométrica, porque los rayos menos refrangibles son los que se propagan con mas abundancia por difraccion, á medida que nos alejamos de la propagacion en línea recta.» Segun las ingeniosas investigaciones á que se entregó Magnus, cuando discutian Airy y Faraday, los fenómenos de la difraccion tienen tambien lugar en el vacío. Véanse sobre las esplicaciones la difraccion, Arago, *Noticias científicas*, t. IV (t. VII de las *Obras*), p. 274 y 275.

(69) Pág. 345.—Léese en Plutarco (*de Facie in orbe Lunæ;* ed. Wyttenbach, t. IV, p. 780-783), que «el cambio de color de la Luna, que como afirman los matemáticos, pasa del negro al rojo y á una tinta azulada, segun la hora en que se produce el eclipse, prueba suficientemente que el aspecto inflamado (ἀνθρακῶδες) que presenta, cuando está eclipsada hacia media noche, no puede ser considerada como una propiedad inherente al suelo del planeta.» Dion Casio, que se ocupó mucho de los eclipses de Luna y de los notables edictos, en que el emperador Claudio anunciaba anticipadamente las dimensiones de la parte eclipsada', llama la atencion sobre el color de la Luna, tan diferente de sí mismo durante la conjuncion. «El eclipse que tuvo lugar en esa noche, dice (lib. LXV, cap. 11, cf., lib. LX, cap. 26), causó un gran trastorno en el campo de Vitelio; pero lo que alarmó sobre todo los ánimos, á mas de la oscuridad que pudo ya muy bien parecer de triste agüero, fué el color rojo, negro y todas las tintas lúgubres, por las cuales pasó sucesivamente la Luna.»

(70) Pág. 345.—Schrœter, *Selenotopographische Fragmente*, 1.ª parte 1791, p. 668; 2.ª parte, 1802, p. 51.

(71) Pág. 346.—Bessel, *über eine angenommene Atmosphære des Mondes*, en las *Astronomische Nachrichten* de Schumacher, n.º 263, p. 416, 420. Véase tambien Beer y Mædler, *der Mond*, et., § 83 y 107, p. 133, y 153, y Arago, *Astronomia popular*, t. III, p. 434-442. Frecuentemente háse presentado como prueba de la existencia de una atmósfera la mayor ó menor claridad, con la cual se distinguen algunos accidentes de la superficie de la Luna, y las «nieblas que parecen atravesar sus valles.» Este es de todos los fundamentos el menos sostenible, en razon á las variaciones contínuas que modifican la transparencia de las capas superiores de nuestra propia atmósfera. Herschell, padre, se habia pronunciado por la negati-

va, segun consideraciones sacadas de la forma que presentaba una de las puntas del creciente lunar, en el eclipse de Sol del 5 de setiembre de 1893 (*Philosoph. Transact*, t. LXXXIV, p. 167).

(72) Pág. 346.—Mædler, en el *Jahrbuch* de Schumacher, para 1840, p. 188.

(73) Pág. 346.—Juan Herschell (*Outlines*. p. 247) llama la atencion de los astrónomos sobre la inmersion de las estrellas dobles, en el caso en que la proximidad de los astros apareados que forman cada sistema, no permita separarlos al telescopio.

(74) Pág. 346.—Plateau, *sobre la Irradiacion*, en las *Memorias de la Academia real de Ciencias y Bellas Letras de Bruselas*, t. XI, p. 142, y *Ergänzungsband zu Poggendorff's Annalen*, 1842, p. 79-125, 193-232 y 405-443. La causa probable de la irradiacion es una escitacion producida por la luz sobre la retina, que se estiende un poco mas allá de los contornos de la imágen.

(75) Pág. 346.—Véase la opinion de Arago, en las *Memorias*, t. VIII, 1839, p. 713 y 883: «Los fenómenos de irradiacion señalados por Plateau, son considerados por Arago como efectos de las aberraciones de refrangibilidad y de esferoicidad del ojo, combinados con la distincion de la vision, consecuencia de las circunstancias en que se encuentran situados los observadores. Medidas exactas tomadas sobre discos negros con fondo blanco, y discos blancos en fondo negro, que estaban colocados en el Palacio Luxemburgo, visibles en el Observatorio, no han indicado los efectos de la irradiacion.»

(76) Pág. 347.—Plutarco, *de Facie in orbe Lunæ;* ed. Wyttenbach, t. IV, p. 786-789. La sombra del monte Athos, que ha visto tambien el viajero Belon (*Observaciones de singularidades encontradas en Grecia, Asia*, etc., 1554, lib. I, cap. 25), llegaba hasta la vaca de bronce levantada en la plaza de la ciudad de Mirina, en la isla de Lemnos.

(77) Pág. 347.—Para testimonios de la visibilidad de esas cuatro regiones, véase Beer y Mædler, *der Mond nach seinen Kosmischen Verhæltnissen*, p. 191, 241, 290 y 338. Es casi inútil recordar que he sacado todo lo que tiene relacion con la topografía lunar, de la escelente obra de mis dos amigos, uno de los cuales, Beer, ha sido arrebatado desgraciadamente á la ciencia por una muerte prematura. Con el fin de orientarse mas fácilmente, es bueno consultar el bello mapa sinóptico que dió Mædler en 1837, tres años antes del gran mapa lunar que publicó en cuatro hojas separadas.

(78) Pág. 347.—Plutarco, *de Facie in orbe Lunæ*, p. 726-729. Wyttenb. Este pasaje no deja de tener algun interés para la geografía antigua. Véase Humboldt. *Exámen crítico de la historia de la Geografía*, t. I, p. 145. En cuanto á las otras opiniones propuestas por los antiguos, puede verse la de Anaxágoras y de Demócrito, en Plutarco, *de Placitis Philosoph*, lib. II, cap. 25, y la de Parmenides, en Stobée, p. 149, 453, 516 y 563, ed. Heeren. Schneider, *Eclogæ physicæ*, t. 1, p. 433-443. Segun un pasaje muy notable de Plutarco, en la Vida de Nicias (cap. 23), Anaxágoras mismo, que llama á la Luna otra Tierra, habia hecho un dibujo del disco lunar. Véase tambien Orígenes, *Philosophumena*; cap. 8, ed. Miller, 1851, p. 14. Gran asombro me causó un dia que enseñaba las manchas de la Luna en un gran telescopio á un Persa oriundo de Ispaham, que aunque muy inteligente, no habia leido jamás, ciertamente, un libro griego, oirle enunciar la opinion de Agesianax, como muy estendida en su país. «Lo que vemos allá en la Luna, decia, somos nosotros mismos, es el mapa de la Tierra.» Uno de los interlocutores del Tratado de Plutarco, *sobre la faz de la Luna*, no se hubiera espresado de igual manera. Si fuera posible suponer hombres habitando nuestro satélite, sin aire y sin agua, la Tierra, girando sobre sí misma con sus manchas, en un cielo casi negro aun en pleno dia, les presentaria una superficie catorce veces mayor que lo es para nosotros la Luna llena, y les produciria el efecto de un mapa mundi, fijado siempre en un mismo punto del firmamento; pero sin duda los oscurecimientos, producidos sin cesar por las variaciones de nuestra atmósfera, borrarian los contornos de los continentes, y algo dificultarian los estudios geográficos. Véase Mædler, *Astronomia*, p. 169, y J. Herschell, *Outlines of Astron.*, § 436.

(79) Pág. 349.—Beer y Mædler, *der Mond.*, p. 273.

(80) Pág. 350.—Schumacher's *Jahrbuch* für, 1841, p. 270.

(81) Pág. 350.—Mædler, *Astronomia*, p. 166.

(82) Pág. 351.—El vértice mas alto del Himalaya y hasta ahora de toda la Tierra, el Kinchinjinga tiene, segun las últimas medidas de Waugh, 8,587 metros, ó 4,406 toesas. El vértice mas alto de las montañas de la Luna tiene, segun Mædler, 3,800 toesas; ahora bien, como el diámetro de la Luna es de 337 miriámetros y el de la Tierra de 1,274, resulta de aquí que la altura de las montañas lunares está con el diámetro de la Luna en la relacion de 1 á 454; la de las montañas de la Tierra es al diámetro terrestre, como 1 es á 1,481.

(83) Pág. 352.—Consúltese, con respecto á las seis alturas que esce-

den de 3,000 toesas, Beer y Mædler, *der Mond.*, p. 99, 125, 234, 242, 330 y 331.

(84) Pág. 353.—Roberto Hooke, *Micrographia*, 1667, obs. LX, p. 242-246. «These seem to me to have been the effects of some motions within the body of the Moon, analogous to our Earthquakes, by the eruption of which, as is has thrown up a brim or ridge round about, higher than the ambient surface of the Moon, so has it left a hole or depression in the middle, proportionably lower.» Hooke se espresa asi con ocasion de sus esperiencias sobre el hervidero producido por el abastro: «Presently ceasing to boly, the whole surface will appear all over covered with small pits, exactly shaped like these of the Moon.—The earthy part of the Moon has been undermined or heaved up by eruptions of vapours, and thrown into the same kind of figured holes as the powder of alabaster. It is not improbable also, that there may be generated, within the body of the Moon, divers such kind of internal fires and heats, as may produce exhalations.«

(85) Pág. 353.—*Cosmos*, t. II, p. 469 (nota 43).

(86) Pág. 353.—Beer y Mædler, *der Mond*, p. 126. Tolomeo tiene 24 millas de diámetro, Alfonso é Hiparco tienen 19.

(87) Pág. 354.—Preséntanse como escepciones Arzachel y Hércules, de los cuales el primero tiene un cráter en el vértice, y el segundo un cráter lateral. Esos puntos, interesantes para la geognosia, merecen ser estudiados de nuevo con instrumentos mas perfectos (Schrœter, *Selenotopographische Fragmente*, 2.ª parte, lam. 44 y 68, fig. 23). Nada análogo se ha observado hasta aquí á las corrientes de lavas que se amontonan en nuestros valles. Los rayos que parten del Aristóteles, siguiendo tres direcciones distintas, son cadenas de colinas (Beer y Mædler, *der Mond*, p. 236).

(88) Pág. 354.—Beer y Mædler, *der Mond*, p. 151; Arago, *Astronomia popular*, t. III, p. 493; véase tambien Manuel Kant, *Schriften der physischen Geographie*, 1839, p. 593-402. Segun investigaciones recientes y mas profundas, la hipótesis de los cambios temporales producidos en el relieve de la Luna, tales como la formacion de nuevos picos centrales ó cráteres en el Mare crisium, en Hevelio y en Cleomedes, es el efecto de una ilusion semejante á aquella por la cual se han creido ver erupciones volcánicas en la Luna. Véase Schrœter, *Selenotopograph. Fragmente*, 1.ª parte, p. 412-523; y 2.ª parte, 268-272. Es difícil, por lo general, resolver la cuestion de cuáles son los menores objetos cuya altura ú estension

puede ser medida en el estado actual de los instrumentos. Segun el juicio del Dr. Robinson acerca del magnífico reflector de Rosse, se puede, merced al telescopio, distinguir con mucha claridad un espacio de 220 piés. Mædler ha medido en sus observaciones sombras de 3 segundos· lo que segun ciertas hipótesis sobre la posicion de la montaña y la altura del Sol, corresponderia á una elevacion de 120 piés únicamente. Pero al mismo tiempo hace observar Mædler que la sombra debe tener una cierta estension para ser visible y mensurable. La sombra proyectada por la gran pirámide de Cheops, tendria escasamente, en razon á las dimensiones conocidas del momento, un noveno de segundo de estension aun en la parte mas ancha; seria, pues, invisible para nosotros. Véase Mædler, en el *Jahrbuch*, de Schumacher, para 1841, p. 264. Arago recuerda que por medio de un aumento de 6,000 veces, que verdaderamente no podria aplicarse á la Luna con un resultado proporcional á su potencia, las montañas lunares causarian un efecto igual al del Mont-Blanc, observado á simple vista desde el lago de Ginebra.

(89) Pág. 355.—Los surcos ó zanjas son en reducido número, y no esceden jamás de una longitud de 22 miriámetros. Esos surcos están á veces bifurcados: es este el caso de Gassendi. Otras veces tambien, aunque no con tanta frecuencia, tienen el aspecto de venas como Triesnecker. Siempre son luminosos, no quitan nada de terreno á las montañas y no corren sino á través de las llanuras; sus estremidades no presentan nada de particular, y no tienen ni mas ni menos estension que la parte intermedia (Beer y Mædler, *der Mond*, p. 135, 225 y 249.

(90) Pág. 355.—Véase mi *Ensayo sobre la vida nocturna de los animales en los bosques del Nuevo Mundo* (*Cuadros de la Naturaleza*, t. I, p. 319 de la traduccion franc. publicada por Gide y Baudry). Las especulaciones de Laplace (porque no fueron nunca ideas fijas) con respecto de una clara Luna perpétua (*Esposicion del sistèma del Mundo*, 1824, p. 232), han sido refutadas en una Memoria de Liouville, *sobre un caso particular del problema de los tres cuerpos*. «Algunos partidarios de las causas finales, dice Laplace, han imaginado que la Luna fué dada á la Tierra para iluminarla durante las noches; en ese caso la naturaleza no hubiera llegado al objeto que se proponia, puesto que con frecuencia nos vemos privados á la vez de la luz del Sol y de la de la Luna. Para llegar hasta esta hipótesis hubiera bastado poner desde el orígen á la Luna en oposicion con el Sol, en el plano mismo de la ecliptica, á una distanci igual á la centésima parte de la que existe entre la Tierra y el Sol, y dar á la Luna y á la Tierra velocidades paralelas y proporcionales á sus distancias de dicho astro. Entonces la Luna, en oposicion incesante con el Sol, hubiera descrito alrededor de el una elipse semejante á la de la Tierra;

esos dos astros se hubieran sucedido el uno al otro en el horizonte; y como á esta distancia la Luna no hubiera podido padecer eclipses, su luz hubiera ciertamente reemplazado á la del Sol.» Liouville cree por el contrario, «que si la Luna hubiera ocupado en el orígen la posicion particular que el ilustre autor de la *Mecánica celeste* le asigna, no habria podido mantenerse en ella sino durante un breve espacio de tiempo.»

(91) Pág. 355.—Véase respecto del transporte de los terrenos por las mareas, de la Beche, *Geological Manual*, 1833, p. 111.

(92) Pág. 356.—Arago, *sobre la cuestion de saber si la Luna ejerce sobre nuestra atmósfera una influencia apreciable*, t. V, de las *Noticias científicas* (t. VIII de las *Obras*). Las principales autoridades citadas son: Scheibler (*Untersuchungen über Einflunss des Mondes auf die Veränderungen in unserer Atmosphäre*, 1830, p. 20), Flaugergues (*Veinte años de observaciones en Viviers*, en la *Biblioteca universal*, Ciencias y Artes, t. XL, p. 265-283, y en la Coleccion de Kastner: *Archiv für die gesammte Naturlehre*, t. XVII, 1829, p. 32-50) y Eisenlohr, en los *Poggendorff's Annalen der Physik*, t. XXXV, 1835, p. 141-160 y 309-329. Juan Herschell cree muy probable «que reine en la Luna una temperatura muy elevada sobre la ebullicion del agua, porque la superficie de ese astro está espuesta á la accion del Sol durante catorce dias, sin interrupcion y sin nada que la temple. La Luna debe, pues, en oposicion ó pocos dias despues, convertirse en cualquier grado que sea (in somme small degree), en una fuente de calor para la Tierra; pero emanando este calor de un cuerpo cuya temperatura está aun muy lejos de la incandescencia (below the temperature of ignition), no puede llegar á la superficie de la Tierra en atencion á que queda absorbido en nuestra atmósfera donde se transforman los vapores vesiculares y visibles, en vapores trasparentes.» Juan Herschell considera el fenómeno de la disolucion rápida de las nubes bajo la influencia de la Luna llena, cuando el cielo no está muy cubierto, como un hecho meteorológico, «confirmado, añade, por las esperiencias de Humboldt, como tambien por la opinion muy general de los navegantes españoles en los mares tropicales.» Véase *Report of the fifteenth Meeting of the British Association for the advancement of Science*, 1846. Noticias, p. 5, y *Outlines of Astronomy*, p. 261.

(93) Pág. 356.—Beer y Mœdler *Beitræge zur physischen Kenntniss des Sonnensystems*, 1841, p. 113; las cifras indicadas resultan de observaciones hechas en 1830 y en 1832. Véase tambien Mædler, *Astronomia*, 1849, p. 906. La primera e importante correccion hecha á la duracion de la rotacion de Marte, que habia sido evaluada por Domingo Cassini en 24 horas 40′ se debe á las laboriosas observaciones hechas por G. Her-

chell desde 1777 á 1781; esas observaciones dieron por resultado 24h 39, 21'' 7. Kunowsky en 1821, habia hallado 24h 36' 40'', resultado muy próximo al obtenido por Mœdler. La primera observacion hecha por Cassini acerca de la rotacion de una mancha de Marte, parece haber tenido lugar poco tiempo despues del año 1670 (Delambre, *Historia de la Astronomia moderna*, t. II, p. 654); pero en la Memoria muy rara de Kern *de Scintillatione Stellarum*, Wittenberg, 1686, § 8, hallo citados como habiendo descubierto la rotacion de Marte y la de Júpiter: «Salvator Serra y el Padre Egidio Francisco de Cottignez, astrónomos del Colegio romano.»

(94) Pág. 356.—Laplace, *Esposicion del sistema del mundo*, p. 36. Las medidas muy imperfectas de Schrœter acerca del diámetro de Marte atribuyen á este planeta un aplanamiento de $^1/_{80}$ únicamente.

(95) Pág. 357.—Beer y Mædler, *Beitræge*, etc., p. 111.

(96) Pág. 357.—Juan Herschell, *Outlines of Astron.*

(97) Pág. 357.—Beer y Mædler, *Beitræge, etc.*, p. 117-125.

(98) Pág. 357.—Mædler, en las *Astronom. Narchrichten* de Schumacher, núm. 192.

(99) Pág. 358.—*Cosmos*, t. III, p. 379 y 380. Véase tambien sobre el órden cronológico en el cual se han sucedido los descubrimientos de los pequeños planetas, *Ibid.*, p. 377 y 410, sobre su magnitud relativamente á la de los asteróides meteóricos ó aerólitos, p. 384; por último sobre la hipótesis segun la cual llenaba Keplero por medio de un planeta la gran laguna que separa á Marte de Júpiter, hipótesis que por otra parte no ha contribuido en modo alguno al descubrimiento del primer planeta de Céres, p. 393-399 y 551-553 (notas 61-63). No creo justa la censura severa dirigida á un ilustre filósofo, porque ignorando el descubrimiento de Piazzi en una época en que podia, es cierto, serle conocido hacia cinco meses, comprobaba, no la probabilidad, sino la necesidad de un planeta existente entre Marte y Júpiter. Hegel con efecto en la Disertacion *de Orbitis planetarum*, que escribió durante la primavera y el verano de 1801, trata de las ideas de los antiguos sobre las distancias respectivas de los planetas; y citando la série de los números de que habla Platon en el *Timèo* (p. 35, Estienne): 1. 2. 3. 4. 9. 8. 2. 7..... (Véase *Cosmos*, t. III, p. 547. nota 51), asienta que es necesario admitir una laguna. Dice sencillamente: «Quæ series *si verior naturæ* ordo sit, quam arithmetica progressio, inter quartum et quintum locum magnum esse spa-

tium, neque ibi planetam desiderari apparet.» (Hegel's, *Werke*, t. XVI. 1834, p. 28; véase tambien Rosenkranz *Hegel's Leben*, 1844. p. 154). Kant en el ingenioso escrito titulado *Naturgenchichte des Himmels*, 1755, se limtta á decir que desde la formacion de los planetas, Marte debia su pequeñez al inmenso poder de atraccion de Júpiter. No alude mas que una sola vez y de un modo muy embozado, á los «miembros del sistema solar, que estan muy distantes entre sí y en los cuales no se han encontrado aun los intermediarios que los separan.» (Emmanuel Kant, *Sämmtliche Werke*, 6.ª parte, 1839, p. 37, 110 y 196.)

(100) Pág. 358.—Véase respecto de la influencia que el perfeccionamiento de los mapas celestes pueden tener sobre el descubrimiento de los pequeños planetas. *Cosmos*, t. III, p. 106 y 107.

(1) Pág. 359.—D'Arrest, *ueber das System der Kleinen Planetem zwischen Mars und Jupiter*, 1851, p. 8.

(2) Pág. 359.—*Cosmos*, t. III, p. 379 y 406.

(3) Pág. 361.—Benjamin Abthorp Gould (hoy en Cambridge, en el Estado de Massachussets) *Untersuchungen ueber die gegenseitige Lage der Bahnen zwischen Mars und Jupiter*, 1848, p. 9-12.

(4) Pág. 361.—D'Arrest, *ueber das System der Kleinen Planeten*, p. 30.

(5) Pág. 361.—Zach, *Monaitliche Correspondenz*, t. VI, p. 88.

(6) Pág. 362.—Gauss, en la misma coleccion, t. XXVI, p. 299.

(7) Pág. 362.—Daniel Kirkwood, de la Academia de Pottsville, creyó poder intentar la reconstruccion del planeta roto, por medio de los fragmentos que quedan de él, como se componen los animales antidiluvianos. De este modo llegó á asignarle un diámetro que escedia al de Marte en mas de 1800 miriámetros, y la rotacion mas lenta de todos los planetas principales, durando el dia nada menos de 57 horas $^1/_2$. (*Report of the British Association*, 1880, p. XXXV).

(8) Pág. 363.—Beer y Mædler, *Beitræge zur physischen Kenntniss der himmlischen Kærper*, p. 104-106. Las observaciones mas antiguas, pero menos seguras de Hussey, daban hasta $^1/_{24}$. Laplace (*Sistema del Mundo*, p. 266) ha encontrado teóricamente suponiendo creciente la densidad de las capas, un valor comprendido entre $^1/_{24}$ y $^5/_{48}$.

(9) Pág. 363.—La obra inmortal de Newton, *Philosophiæ naturalis Prin-*

cipia mathematica, apareció en mayo de 1687, y las Memorias de la Academia de Paris no dan la medida del aplanamiento determinado por Cassini: ($^1/_{18}$) hasta 1691, de suerte que Newton que ciertamente podia conocer las esperiencias hechas sobre el péndulo en Cayenne por Richer, segun la Relacion de su viaje impresa en 1679, debió tener la primera noticia de la figura de Júpiter por narraciones verbales y por las correspondencias escritas tan activas en aquella epoca. Véase respecto de esto y acerca de la época en que Huighens tuvo conocimiento de las observaciones de Richer sobre el pendulo, el *Cosmos*, t. I, p. 389 (nota 29) y t. III, p. 480 (nota 2).

(10) Pág. 363.—Airy, en las *Memoirs of the Royal Astron, Society*, t. IX' p. 7; t. X, p. 43.

(11) Pág. 363.—Usabáse todavia esta evaluacion en 1824. Véase Laplace, *Sistema del Mundo*, p. 207.

12. Pág. 363.—Delambre. *Historia de la Astronomia moderna*, t. II, página 754.

(13) Pág. 365.—«Sábese que existen encima y debajo del ecuador de Júpiter dos bandas menos brillantes que la superficie general. Si se las examina con un anteojo, parecen menos distintas á medida que se alejan del centro, y aun llegan á ser invisibles cerca de los bordes del planeta. Todas esas apariencias se esplican admitiendo la existencia de una atmósfera de nubes interrumpida en los alrededores del ecuador por una zona diáfana, producida quizá por los vientos alíseos. Reflejando la atmósfera de las nubes mas luz que el cuerpo sólido de Júpiter, las partes de ese cuerpo que se vean á través de la zona diáfana, tendrán menos brillo que el resto, y formarán las bandas oscuras. A medida que nos vayamos alejando del centro, el rayo visual del observador atravesará espesores mas y mas grandes de la zona diáfana, de suerte que á la luz reflejada por el cuerpo sólido del planeta habrá que añadir luz reflejada por esta zona mas espesa. Por esta razon las bandas serán menos oscuras al alejarse del centro. Por último, en los bordes mismos, la luz reflejada por la zona, vista en el mayor espesor podrá hacer desaparecer la diferencia de intensidad que existe entre las cantidades de luz reflejada por el planeta y por la atmósfera de nubes; y se cesará entonces de ver las bandas que no existen sino en virtud de esta diferencia. En los paises montañosos se observa algo análogo: si nos encontramos cerca de un bosque de abetos, parecerá negro pero á medida que nos alejemos de él las capas de atmósfera interpuestas se hacen cada vez mas espesas y reflejan luz. La diferencia de tinte entre el bosque y los objetos próximos disminuye mas y mas, y acaba por con-

fundirse con ellos si nos alejamos una distancia conveniente.» (T. XI de las *Obras* de Arago).

(14) Pág. 366.—*Cosmos*, t. II, p. 309-311 y 470 (nota 44).

(15) Pág. 367.—Juan Herschell, *Outlines of Astron.*, § 540.

(16) Pág. 368.—Las primeras observaciones de G. Herschell, hechas en noviembre de 1793, dieron para la rotacion de Saturno $10^h\ 16'\ 44''$. Háse concedido sin razon al gran filósofo Manuel Kant, la gloria de haber adivinado por consideraciones puramente teóricas, y consignado en la brillante obra titulada: *Algemeine Naturaeschichte des Himmele*, cuarenta años antes de Herschell, la verdadera duracion de la rotacion de Saturno. El número que indica es 6h 23' 53". Considera este valor «como la determinacion matemática del movimiento todavía desconocido de un cuerpo celeste. prediccion única quizás en su género, y que no puede ser comprobada sino por las observaciones de los siglos futuros.» La promesa no se ha cumplido; las observaciones posteriores han revelado un error de 4 horas, es decir de los $^3/_5$. Hállase en la misma obra, con respecto al Anillo de Saturno, que «en el conjunto de las partículas de que se compone, unas situadas en el interior del lado del planetá verifican su rotacion en 10 horas, y otras que forman la parte esterior, emplean 15 horas en realizar el mismo movimiento.» El primero de esos dos nùmmeros se acerca por casualidad á la velocidad angular del planeta ($10^h\ 29'\ 17''$). Véase Kant, *Sæmmtliche Werke*, 6.ª parte, 1839, p. 135 y 140.

(17) Pág. 368.—Laplace (*Esposicion del sistema del Mundo*, p. 43), evalúa el aplazamiento de Saturno en $^1/_{11}$. Bessel no ha confirmado, antes por el contrario, declarado inexacta esta singular depresion segun la cual G. Herschell despues de una serie de observaciones laboriosas hechas con distintos telescopios, encontró que el eje mayor del planeta estaba situado no en el plano de su ecuador, sino en un plano que forma con el del ecuador un ángulo de 45° próximamente.

(18) Pág. 369.—Arago, *Astronomia popular*, t. IV, p. 454.

(19) Pág. 369.—Domingo Cassini habia señalado tambien esta diferencia de brillo de los dos anillos. Véanse *Memorias de la Academia de Ciencias*, 1715, p. 13.

(20) Pág. 369.—*Cosmos*, t. II, p. 311. Cuatro años despues, es decir en 1659, fue cuando se publicó en el *Systema Saturnium* el descubrimiento ó mas bien la esplicacion completa de las apariencias que presentan Saturno y su anillo.

(21) Pág. 370.—Eminencias semejantes han sido vistas de nuevo últimamente por Lassell en Liverpool, con un reflector de 20 pies de longitud focal, que el mismo habia construido. Véase *Report of the Bristish Association*, 1850, p. XXXV.

(22) Pág. 370.—Vease Harding. *Kleine Ephemeriden* für 1835, p. 100, y Struve, en las *Astronom. Nachrichten* de Schumaeher, n.° 139 p. 389.

(23) Pág. 370.—Léese en las *Acta Eruditorum* pro anno 1684, p. 421, el pasaje siguiente estractado de la obra titulada *Systema phœnomenorum Saturni*, *autore Galletio*, *præposito eccles. Avenionensis.* «Nonnunquam corpus Saturni *non exacte annuli medium* obtinere visum fuit. Hinc evenit, ut, quum planeta orientalis est, centrum ejus extremitati orientali annuli propius videatur, et major paro ob occidentali latere sit cum ampliore obscuritate.»

(24) Pág. 371.—Horner, en el *Neus Physik Wœrterbuch* de Gehler, t. VIII, 1836, p. 174.

(25) Pág. 371.—Benjamin Peirce, *on the Constitution of Saturn's Ring*, en el *Astronomical Journal* de Gonld, 1851, t. II, p. 16: «The ring consists of a stream or of streams of a fluid rather denser than water flowing arouud the primary.» Véase tambien Silliman's *Diario Americano*, 2.ª série, t. XII, 1851, p. 99, y sobre las desigualdades del anillo ó las acciones perturbadoras y por esto mismo conservadoras de los satélites, Juan Herschell, *Outlines of Astronomy*, p. 320.

(26) Pág. 372.—Juan Herschell, *Cape Observations*, p. 414-430, y *Outlines*, p. 650. Véase tambien acerca de la ley de las distancias, *ibid.*, p. 337, § 550.

(27) Pág. 373.—Fries, *Vorlesungen ueber die Sternkunde*, 1833, p. 325; Challis, en las *Transactions of the Cambridge Philosophical Society*, t. III, p. 171.

(28) Pág. 373.—Guillermo Herschell, *Account of a Comet*, en las *Philosóphal Transactions* for 1781, t. LXXI, p. 492.

(29) Pág. 374.—*Cssmos*, t. III, p. 397.

(30) Pág. 375.—Véase, para las observaciones de Lasell en Starfield (Liverpool) y las de Struve, los *Monthly Notices of tha royal Astronomical Society*, t. VIII, 1848, p. 43-47, 135-139, y las *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, n.° 623, p. 365.

(31) Pág. 376.—Bernhard von Lindenau, *Beitrag zur Geschichte der*

Neptun's Entdeckung, en el suplemento de las *Astronom. Nachrichten* de Schumacher, 1849, p. 17.

(32) Pág. 376.—*Astronom. Nachrichten*, n.º 580.

(33) Pág. 377.—Le Verrier, *Investigaciones sobre los movimientos del planeta Herschell*, 1846, en el *Conocimiento de los Tiempos* para 1849, p. 254.

(34) Pág. 377.—El elemento muy importante de la masa de Neptuno ha recibido muchos crecimientos sucesivos. Apreciado primero en $^1/_{20897}$ por Adams, fué evaluado en $^1/_{19840}$ por Peirce, en $^1/_{19400}$ por Bond, en $^1/_{18780}$ por Juan Herschell, en $^1/_{15480}$ por Lassell, y por último en $^1/_{14446}$ por Otto y Augusto Struve en Pulkova. Este último resultado es el que hemos adoptado en el testo.

(35) Pág. 377.—Airy, en las *Monthly Notices of the royal Astronomical Society*, t. VII, n.º 9 (noviembre 1846), p. 121-152; Bernhard von Lindenau, *Beitrag zur Geschichte der Neptun's Entdeckung*, p. 1-32 y 285-238.—Le Verrier, invitado por Arago, empezó á ocuparse en el verano de 1845, de la teoría de Urano. Presentó al Instituto los resultados de sus investigaciones el 10 de noviembre de 1845, el 1.º de junio, el 3 de agosto y el 5 de octubre de 1846, y los publicó aseguida. El mayor y mas importante trabajo de Le Verrier, el que contiene la solucion completa del problema, apareció en el *Conocimiento de los Tiempos* para 1849. Adams comunicó sus primeros resultados, aunque sin confiar nada á la impresion, al profesor Challis en setiembre de 1845, y con algunos variantes al *Astronomo Real* en el mes de octubre del mismo año, siempre sin publicar nada de ellos. El *Astronomo Real* tuvo conocimiento de los resultados definitivos de Adams, corregidos de nuevo en sentido de una disminucion de la distancia, á principios del mes de setiembre de 1846. El jóven geómetra de Cambridge se espresa en esos trabajos sucesivos, encaminados todos al mismo objeto, con tanta modestia como abnegacion. «I mention these earlier dates merely to show, that my results were arrived at independently and previously to the publication of M. Le Verrier, and not with the intention of interfering with his just claims to the honors of the discovery; for there is no doubt that his researches were first publisched to the world, and led to the actual discovery of the planet by Dr. Galle, so that the facts stated above cannot detract, in the slightest degree, from the credit due to M. Le Verrier.»

Como en la historia del descubrimiento de Neptuno se ha repetido frecuentemente que el ilustre astrónomo de Kœnigsberg habia participado de la esperanza espresada ya en 1834 por Alexis Bouvard, el autor de las *Tablas de Urano*, «de que las perturbaciones de Urano debian ser causa-

das por un planeta todavía desconocido,» he pensado que podria interesar á los lectores del *Cosmos* el hallar aquí una parte de la carta que me escribió Bessel en 8 de mayo de 1840, por consiguiente dos años antes de su conversacion con Juan Herschell en su visita á Colligwood: «Me pedís noticias nuevas del planeta situado mas allá de Urano. Podria dirigiros á alguno de mis amigos de Kœnigsberg que creen saber mas que yo respecto de este punto. Habia escogido para texto de una leccion pública el 28 de febrero de 1840, la exposicion de las relaciones que existen entre las observaciones astronómicas y la Astronomía misma. El público no establece diferencias entre esos dos objetos; habia pues lugar de rectificar su opinion. La parte de la observacion en el desarrollo de los conocimientos astronómicos me llevaba naturalmente á notar que no podemos estar seguros de esplicar por nuestra teoría todos los movimientos de los planetas. Cité como prueba á Urano: las antiguas observaciones de que este planeta ha sido objeto no están conformes en modo alguno con los elementos deducidos de las observaciones mas recientes, hechas desde 1783 á 1820. Creo haberos dicho ya, que he estudiado mucho esta cuestion; pero todo lo que he sacado de mis esfuerzos, es la certidumbre de que la teoría actual ó mas bien la aplicacion que se hace de ella al sistema solar, tal como lo conocemos hoy, no basta para resolver el misterio de Urano. En mi sentir no es esto una razon para desesperar del éxito. En primer lugar nos es preciso conocer exactamente y de una manera completa todo lo que ha sido observado en Urano. He encargado á uno de mis jóvenes oyentes, Flemming, reducir y comparar todas las observaciones, y ahora tengo reunidos todos los hechos comprobados. Si las determinaciones antiguas no convienen ya á la teoría, las de hoy se separan mas aun; porque actualmente el error es de un minuto entero, y aumenta de 7 á 8 segundos por año, de suerte que pronto será muy considerable. Despues de esto pensé en que llegaria un momento en que la solucion del problema sería dada quizá por un nuevo planeta, cuyos elementos se hubieran reconocido por su accion sobre Urano, y comprobados por la que ejerciera sobre Saturno. Me he guardado muy bien de decir por otra parte que ese tiempo hubiera llegado; me limito á buscar hasta donde pueden conducir los hechos actualmente conocidos. Trabajo es este cuya idea sigo desde hace muchos años y respecto del cual he pasado por tantas opiniones diferentes, que aspiro á darle fin, y no perdonaré medio para llegar al resultado tan pronto como me sea posible. Tengo gran confianza en Flemming, que en Dantzig, donde se encuentra continuará para Saturno y para Júpiter la reduccion de las observaciones que ha hecho para Urano. Bajo este punto de vista, celebro que carezca por el momento de medio alguno de observacion y que no tenga otra cosa que hacer. Dia llegará tambien para el en que deba entregarse á observaciones dirigidas hácia un objeto determinado; entonces, sin duda,

no han de faltarle las facilidades materiales, como hoy no le falta tampoco habilidad.»

(36) Pág. 378.—La primera carta en la que Lassell anunció su descubrimiento era del 6 de agosto de 1847. Véase Schumacher',s *Astronom. Nachrichten*, n.º 611, p. 165.

(37) Pág. 378.—O. Struve, en las *Astronom. Nachrichten*, n.º 629. Segun las observaciones hechas en Pulkova, Augusto Struve calculó en Dorpart, la órbita del primer satélite de Neptuno.

(38) Pág. 378.—C. Bond, en los *Proceudings of the American Academy of Arts and Sciences*, t. II, p. 137 y 40.

(39) Pág. 378.—Schumacher's *Astronom. Nachrichten*, n.º 729, p. 143.

(40) Pág. 380.—«Dia llegará, dice Kant, en que los planetas últimos que andando el tiempo se descubrirán mas allá de Saturno, forman una serie de miembros intermedios que se aproximan mas y mas á la naturaleza de los cometas y procuran la transicion entre esas dos especies de cuerpos planetarios. La ley segun la cual, la escentricidad de las órbitas descritas por los planetas está en razon de su distancia al Sol, corrobora esta hipótesis. Resulta de aqui, en efecto, que á medida que esta distancia aumenta, los planetas obedecen mas y mas á la definicion de los cometas. Nada impide el que se considere á la vez como el último planeta y el primer cometa al cuerpo celeste que corta en el perielio la órbita del planeta mas próximo, quizá la de Saturno. El volúmen de los cuerpos planetarios, creciendo al mismo tiempo con su distancia al Sol, demuestra tambien claramente la verdad de nuestra teoría sobre la mecánica celeste.» (*Naturgeschichte des Himmels*, 1755, 6.ª parte, p. 88 y 195 de la coleccion de las Obras completas.) Al principio de la 5.ª parte se habla de la antigua naturaleza cometaria que se supone haber perdido Saturno.

(41) Pág. 381.—Alexander, *on the similarity of arrangement of the Asteroids and the Comets of short period, and the possibility of their common origin*, en el *Astronomical Journal* de Gould, n.º 19, p. 147, y n.º 20, p. 181. El autor de acuerdo con Hind (Schumacher's *Astrrnom. Nachrichten*, n.º 724(, distingue «the comets of short period, whose semiaxes are all nearly the same with those of the small planets between Mars and Jupiter; and the other class, including the comets whose mean distance or semi-axis is somewhat less than that of Uranus.» Termina la primera de esas dos Memorias del modo siguiente: «Different facts and coincidences agree in indicating a near appulse if not an actual collision of Mars with a large comet in 1315 or 1316, that the comet was thereby broken into

three parts whose orbits (it may be presumed) received even then their present form: viz. that still presented by the comets of 1812, 1815 and 1846 Khich are fragments of the dissevered comet.»

(42) Pág. 381.—Laplace, *Exposicion del Sistema del Mundo*, edic. de 1824, p. 414.

(43) Pág. 381.—*Cosmos*, t. I, p. 88-102 y 362-365 (notas 42-57).

(44) Pág. 381.—En tres siglos y medio, desde 1500 á 1850, han aparecido en Europa 52 cometas perceptibles á simple vista. Repartiéndolos por períodos de 50 años, se obtiene el cuadro siguiente:

1500 — 1550

1500
1505
1506
1512
1514
1516
1518
1521
1522
1530
1531
1532
1533

13 cometas.

1550 — 1600

1556
1558
1569
1577
1580
1582
1585
1590
1593
1596

10 cometas.

1600 — 1650

1607
1618

2 cometas.

1650 — 1700

1652
1664
1665
1668
1672
1680
1682
1686
1689
1696

10 cometas.

1700 — 1750

1702
1744
1748 (2)

4 cometas.

1750 — 1800

1759
1766
1769
1781

4 cometas.

1800 — 1850

1807
1811
1819
1823
1830
1835
1843
1845
1847

9 cometas.

De los 23 cometas observados en el siglo XVI, el siglo de Apiano, de Girolomo Fracastro, del landgrave Guillermo IV de Hesse, de Mæstlin y de Ticho, los 10 primeros han sido descritos por Pingré.

(45) Pág. 383.—Es este el cometa de «mal agüero» al cual se atribuyó la tempestad que causó la muerte del célebre navegante portugués Bartolomé Diaz, en el momento en que hacía con Cabral la travesía del Brasil al Cabo de Buena Esperanza. Véase Humboldt, *Exámen crítico de la historia de la Geografía del nuevo Continente*, t. I, p. 296; t. V, p. 80, y Souza, *Asia Portugal.*, t. I, 1.ª parte, cap. 5, p. 45.

(46) Pág. 383.—Laugier, en el *Conocimiento de los Tiempos*, para 1846, p. 99. Véase tambien Eduardo Biot, *Investigaciones sobre las antiguas apariciones chinas del Cometa de Halley, anteriores al año* 1378, en el mismo tomo de igual Coleccion, p. 70-84.

(47) Pág. 383.—Acerca del cometa descubierto por Galle, en el mes de marzo de 1840, véanse las *Astronomische Nachrichten* de Schumacher, t. XVII, p. 188.

(48) Pág. 384.—Humboldt, *Vistas de las Cordilleras*, (ed. en fólio), lam. LV, fig. 8, p. 281. Los Mejicanos tenian tambien una idea muy exacta de la causa que produce los eclipses de Sol. El mismo manuscrito mejicano de que se habla en el testo, y que se remonta por lo menos á 25 años antes de la llegada de los Españoles, representa el Sol casi completamente cubierto por el disco de la Luna, y las estrellas brillando alrededor de todo ello.

(49) Pág. 384.—Newton y Winthrop habian adivinado ya la formacion de la cola de los cometas por los efluvios de la parte anterior, problema del cual se ha ocupado tanto Bessel. Véanse los *Principia philosoph. natural.* de Newton, p. 511, y las *Philosoph. Transactions* for 1767, t. LVII, p. 140, fig. 5. Segun Newton, es cerca del Sol donde la cola tiene mas fuerza y estension, porque el aire cósmico, que llamo con Encke el medio resistente, tiene en esas regiones su máximum de densidad, y las partículas de la cola muy quemadas por la aproximacion al Sol, suben mas fácilmente al medio de un aire mas denso. Winthrop cree que el efecto principal se produce despues del perihelio, porque en virtud de la ley espuesta por Newton (*Principia*, etc., p. 424 y 466), los máximos tienen siempre una tendencia á retardar la época de su aparicion.

(50) Pág. 384.—Arago, *Astronomía popular*, t. II, p. 318. La observacion es de Amici hijo.

(51) Pág. 384.—Juan Herschell, en sus *Outlines* (§ 589-597), y Peirce

en el *American Journal*, for 1844 (p. 42), han recogido todos los detalle concernientes al cometa del mes de marzo de 1843, que brilló en el Norte de Europa, cerca de Orion, de un resplandor estraordinario, y que es de todos los cometas observados y calculados, el que mas próximo está del Sol. Ciertas semejanzas de fisonomía, género de prueba, cuya poca certeza habia por otra parte demostrado ya Séneca (*Quæstiones natur.*, lib. VIII' cap. 11 y 17), hicieron considerar en un principio á este cometa, como idéntico al de 1668 y de 1689. Véase *Cosmos*, t. I, p. 125 y 380 (nota 92), y Galle, en los *Olbers Cometenbahnen*, números 42 y 50. Boguslawski cree, por otra parte (Schumacher's, *Astron. Nachrichten*, n.° 545, p. 272), que el período del cometa de 1843 es de 147 años, y que sus anteriores apariciones tuvieron lugar en 1695, 1548, 1401, etc. Llega así hasta el año 371 antes de la era cristiana, y conforme en esto con el célebre helenista Tiersch, de Munich, considera á este cometa como idéntico, con aquel del cual se ha hecho mencion en las *Météorologica* de Aristóteles (lib. I, cap. 6), y lo designa con el nombre de cometa de Aristóteles. Pero desde luego recordaré que esta denominacion es vaga y puede aplicarse á muchos objetos. Si se quiere hablar del cometa que Aristóteles hizo desaparecer en la constelacion de Orion y que refirió al temblor de tierra de la Achaïa, en ese caso, es necesario no olvidar que este cometa, que segun el filósofo de Estagira, se presentó simultáneamente con el temblor de tierra, fue anterior á este acontecimiento, segun Calistenes, y posterior segun Diodoro. El 6.° y 8.° capítulo de la *Meteorológica* tratan de cuatro cometas designados con el nombre de los Arcontas de Atenas, en cuyo tiempo aparecieron, y por los acontecimientos desastrosos á los cuales van unidos. Aristóteles menciona sucesivamente el cometa occidental, que fue observado cuando el temblor de tierra é inundaciones de Achaia (cap. 6, 8), despues el que marca el arcontado de Euclés, hijo de Molon. Viene enseguida el cometa occidental, y nombra con este motivo el arcontado de Asteio, que ha llegado á ser en lecciones viciosas Aristeo, y que Pingré ha confundido por esto en su *Cométografia*, con Aristenes ó Alcistenes. El brillo del cometa de Asteio se estendia por mas de un tercio de la bóveda celeste. La cola que se designaba bajo el nombre de ὁδός, *camino*, tenia 60° de longitud, y se prolongaba hasta la region de Orion, donde se disolvia. Aristóteles cita tambien (cap. 7, 9) el cometa cuya aparicion coincidió con la caida del aereolito de Ægos-Potamos, que es preciso no confundir con la nube meteórica, que segun la version de Daimacho brilló durante 70 dias y lanzó estrellas errantes. Por último, Aristóteles (cap. 7, 10) señala un cometa que se observó bajo el arcontado de Nicomaques, y al cual se atribuyó una violenta tempestad que estalló cerca de Corinto. Estos cuatro cometas llenan el largo período de 32 olimpiadas El primero, por órden de fechas, el que coincide con el aereolito de Ægos-Potamos, se presentó, segun los mármoles de Paros, el primer año

de la LXXVIII Olimpiada (antes de J.-C., 468), bajo el arcontado de Teagenides; el cometa de Euclés, llamado sin razon Euclides por Diodoro (lib. XII, cap. 53), fue observado en el segundo año de la Olimpiada LXXXVIII (entes de J.-C., 427), como lo prueba tambien el comentario de Juan Filopon; el de Asteio en el cuarto año de la Olimpiada CI (antes de J.-C., 373); por último, el de Nicomaques en el cuarto año de la Olimpiada CIX (antes de J.-C., 341). Plinio (lib. II, cap. 25) refiere á la CVIII Olimpiada la transformacion del cometa, que despues de haber presentado la forma de una crin, tomó la forma de una lanza (jubæ effigies mutata in hastam). Séneca creyó tambien en una relacion directa entre el cometa de Asteio y el temblor de tierra que quebrantó la Achaia. Dice, refiriéndose á la destruccion de las ciudades de Helice y de Bura, que no están citadas espresamente por Aristóteles: « Effiigien ignis longi fuisse Callisthenes tradit, antequam Burin et Helicen mare absconderet. Aristoteles ait nod trabem illam sed Cometam fuisse (*Quæst natur.*, lib. VII, cap. 5). » Strabon (lib. VIII, p. 384; ed. Casaubon) coloca la ruina de esas ciudades dos años antes de la batalla de Leuctres, que corresponde al cuarto año de la CI Olimpiada. Diodoro de Sicilia, despues de haber descrito en detalle el temblor de tierra del Peloponeso y las inundaciones que siguieron, como acontecimientos ocurridos bajo el arcontado de Asteio (lib. XV, cap, 48 y 49), refiere al año siguiente bajo el arcontado de Alcistenes (Olimpiada CII, I), la aparicion del brillante cometa, que producia sombra como la Luna, y en el cual vió un presagio de la decadencia de los Lacedemonios. Pero Diodoro, que escribia mucho tiempo despues los acontecimientos que cuenta, no comete ordinariamente la falta de referirlos de un año á otro, y se pueden invocar en pró de la oponion que coloca al cometa bajo el arcontado de Asteio, anterior en un año al de Alcistenes, los testimonios mas antiguos y mas seguros, los de Aristóteles y de la Crónica de Paros. Para volver ahora al puntode partida, como Boguslawski, atribuyendo al cometa de 1843 una revolucion de 147 años $^3/_4$, ha llegado sucesivamente á los años 1695, 1548, 1401, 1106, y finalmente, al año 371 antes de nuestra era, esta última aparicion coincide con el cometa que acompañó al temblor de tierra del Peloponeso, en cerca de dos años, segun Aristóteles, en un solo año, segun Diodoro, diferencia, que, si pudiera comprobarse la semejanza de las órbitas, seria de poca trascendencia, mirando sobre todo á las perturbaciones verosímiles en un intervalo de 2,214 años. Si Pingré (*Cométografia*, t. I, p. 259-262), sustituyendo, en todo, segun Diodoro, el arcontado de Alcistenes al de Asteio, y refiriendo el cometa que desapareció en la constelacion de Orion, al primer año de la CII Olimpiada, le asigna, sin embargo, para fecha, los primeros dias del mes de Julio, de 371 y no de 372, la razon es, que á ejemplo de algunos historiadores, señala con un cero el primer año de la era cristiana. Importa notar, para concluir, que Juan Herschell adopta

para la revolucion del brillante cometa, que fue visto cerca del Sol en 843, un período de 175 años, lo que traslada á los años 1668, 1493 y 1318 (*Outlines*, p. 370-372, Galle, en los *Olbers Cometenbahnen*, p. 208, y el *Cosmos*, t. I, p. 125). Otras combinaciones de Peirce y de Clausen dan periodos de 21 $^4/_5$ ó de 7 años $^1/_5$, y prueban cuán atrevido es declarar al cometa de 1843 idéntico con el del arconta Asteio. Gracias á la mencion hecha en las *Meteorologica* de Aristóteles (lib. I, cap. 7, 10), de un cometa que apareció bajo el arcontado de Nicomaques, sabemos que el filósofo de Estagira tenia cuando menos 44 años, cuando compuso esta obra. Siempre me ha parecido sorprendente que Aristóteles, que en la época del temblor de tierra del Peloponeso y del gran cometa, que cubria con su cola un espacio de 60°, contaba ya 14 años, habla con tanta diferencia de semejante fenómeno, y se limita á colocarlo entre los cometas observados hasta él. El asombro aumenta aun, cuando se lee en el mismo capítulo que Aristóteles ha visto por sus propios ojos una aparicion nebulosa que representaba una crin, alrededor de una estrella fija en la pierna del Perro, y quizás tambien alrededor de Procion en el Perro-Pequeño. Aristóteles dice tambien (lib. I, cap. 6, 9), que hubo observado en Géminis la ocultacion de una estrella por el disco de Júpiter. La crin de vapor ó la envuelta nebulosa de Procion me recuerda un fenómeno frecuentemente citado en los anales del antiguo imperio mejicano, segun el *Codex Tellerianus*: «Este año, dice alli, se vió humear de nuevo á Citlalcholoa,» es decir, el planeta Vénus, llamado tambien Tlazoteotl en la lengua de los Aztecas. (Humboldt, *Vistas de las Cordilleras*, t. II, p. 303). Probablemente, bajo el cielo de Méjico, como bajo el de Grecia, se vieron formados pequeños halos alrededor de las estrellas por la refraccion de sus rayos.

(52) Pág. 385.—Eduardo Biot, en las *Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XVI, 1843, p. 751.

(53) Pág. 385.—Galle, en el apéndice de la obra titulada *Olbers Cometenbahnen*, p. 221, n.° 130. Acerca del paso probable del cometa de doble cola de 1823, véase *Edinburg Review*, 1848 n.° 175, p. 193. La Memoria de Encke citada un poco antes en el testo, y que contiene los verdaderos elementos del cometa de 1680, trastorna las fantasías de Halley, segun las cuales este mismo cometa, verificando su revolucion en 575 años, habria aparecido en todas las épocas críticas de la historia de la humanidad: en la época del diluvio, segun las tradiciones hebraicas; en la de Ogygés, segun las leyendas griegas: durante la guerra de Troya; cuando la destruccion de Ninive; en la muerte de Julio César, y asi de las demás. La duracion de la revolucion de este planeta es segun los cálculos de Encke de 8814 años. En el perihelio, el 17 de diciembre de 1680, distaba del Sol 23000 miriámetros, esto es, 15000 miriámetros menos que la distancia de

la Luna á la Tierra. Su afelio es de 853, 3 distancias de la Tierra al Sol. La relacion del afelio al perihelio es de 140 000 á 1.

(54) Pág. 386.—Arago, *Astronomia Popular*, t. II, p. 417, 444 á 454.

(55) Pág. 386.—Juan Herschel, *Outlines, of Astronomy*, § 592.

(56) Pág. 386.—Bernardo de Lindenau en las *Astronomische Nachrichten* de Schumaeher, n.º 698, p. 25.

(57) Pág. 386.—*Cosmos*, t. III, p. 36-38.

(58) Pág. 388.—Le Verrier, en las *Memorias de la Academia de Ciencias*, t, XIX, 1844, p. 982-993.

(59) Pág. 388.—Newton atribuia el resplandor de los cometas mas brillantes solo al reflejo de la luz solar: «splendent cometæ luce solis a se reflexa.» (*Principia mathemat*; ed. Le Seur y Jacquier, 1760, t. III, p. 577).

(60) Pág. 388.—Bessel, Schumacher's *Jarhbuch* für 1837, p. 169.

(61) Pág. 389.—*Cosmos*, t. I, p. 96 y t. III, p. 39.

(62) Pág. 389.—Valz, *Ensayo sobre la determinacion de la densidad del Eter en el espacio planetario*, 1830, p, 2 y *Cosmos*, t. I, p. 95. El crecimiento del núcleo de los cometas á medida que aumenta su distancia al Sol, habia llamado ya la atencion de un observador muy cuidadoso y exento de toda prevencion, de Hevelio. Véase Pingré, *Cometografia*, t. II, p. 193. Es un trabajo muy delicado, cuando se quiere contar con la exactitud, determinar los diámetros del cometa de Encke en su perihelio. Este cometa es una masa nebulosa en la cual se destaca por el brillo de su luz el centro ó una parte del centro. A partir de esta region que no tiene en modo alguno la forma de disco y no puede tampoco recibir el nombre de cabeza del cometa, la intensidad de la luz disminuye rapidamente en derredor. La nebulosidad presenta en un sentido una prolongacion que tiene la apariencia de una cola; las medidas indicadas en el testo se refieren á esta materia nebulosa cuya circunferencia sin estar bien determinada se reduce en el perihelio.

(63) Pág. 389.—Juan Herschell, *Cape Observations*, 1847, § 366, lam. XV y XVI.

(64) Pág. 390.—Mucho despues, el 5 de marzo, vióse crecer hasta la distancia de 9° 19′ el intervalo que separaba los dos cometas; este aumento, segun ha probado Plantamour, no era mas que aparente y con-

secuencia de la aproximacion del astro á la Tierra. Desde el mes de febrero hasta el 10 de marzo, las dos partes del doble cometa quedaron á igual distancia una de la otra.

(65) Pág. 390.—El 19 de febrero de 1846 se distinguió el fondo negro del cielo que separa los dos cometas. (O. Struve en el *Boletin fisico-matemático de la Academia de Ciencias de Saint-Petersbourg*, t. VI n.° 4).

(66) Pág. 390.—Véanse *Outlines of Astron*, § 580-583, y Galle, *Olbers Cometenbahnen*, p. 232.

(67) Pág. 391.—«Ephorus non religiosissimæ fidei, sæpe decipitur, sæpe decipit. Sicut hic Cometem qui omnium mortalium oculis custoditus est, quia ingentis rei traxit eventus, cum Helicem et Burin orto suo merserit, ait illum discessisse in duas stellas: quod præter illum nemo tradidit. Quis enim posset observare illud momentum quo cometes solutus et in duas partes redactus est? Quomodo autem, si est qui viderit cometem in duas dirimi, nemo vidit fieri ex duabus? (Séneca, *Quæstiones naturales*, lib. VII, cap. 16).

(68) Pág. 391.—Eduardo Biot, *Investigaciones sobre los cometas de la coleccion de Ma-tuan-lin*, en las *Memorias de la Academia de Ciencias*, t. XX, 1845, p. 334.

(69) Pág. 392.—Galle, en los *Olbers Cometenbahnen*, p. 232, n.° 174. Los cometas de Colla y de Bremiker, que hicieron su aparicion en los años 1845 y 1840 describen su órbita elíptica en un tiempo bastante corto, comparados con los cometas de 1814 y 1680 que no emplean menos de 3000 y 8800 años. Los períodos de los dos cometas de Colla y de Bremiker á lo que parece, son de 249 y de 344 años. Véase Galle *ibid*, página 229 y 231.

(70) Pág. 394.—El corto período de 1204 dias fue comprobado por Encke cuando la reaparicion de su cometa en 1819. Los elementos de la órbita elíptica de este cometa están calculados por primera vez en el *Berlin astronom. Jahrbuch* für 1822, p. 193. Véase tambien para la constante del medio resistente, considerada como modo de esplicar la rapidez de la revolucion, la 4.ª Memoria de Encke, en la coleccion de la Academia de Berlin, año 1844 y compárese en este respecto, Arago, *Astron. popular*, t. II, p. 287 y *Carta á Alejandro de Humboldt*, 1840, p. 12, asi como Galle en los *Olbers Cometenbahnen*, p. 221. Para completar, remontándose tan lejos como sea posible, la historia del cometa de Encke, es bueno recordar que fue visto por primera vez por Mechain, desde el 17 al 19 de enero de 1786, despues por Carolina Herschell, desde el 7 al 27

de noviembre de 1795, por Bouward, Pons y Huth, desde el 20 de octubre al 19 de noviembre de 1805, por último por Pons, desde el 26 de noviembre de 1818 al 12 de enero de 1819, cuando su décima reaparicion despues del descubrimiento de Mechain. La primera vuelta calculada de antemano por Encke, fue observada por Rumker en Paramatta: véase Galle, *ibid*, p. 215, 217, 221 y 222. El cometa interior de Biela, ó como tambien se acostumbra á llamar, el cometa de Biela y de Gambart, observado por primera vez el 8 de marzo 1772 por Montaigne, fue visto enseguida sucesivamente por Pons, el 10 de noviembre de 1805, por Biela en Josephstadt, en Bohemia, el 27 de febrero de 1826, y por Gambart, en Marsella el 9 de marzo del mismo año. Biela fue ciertamente el primero que descubrió de nuevo el cometa de 1772, pero en cambio Gambart determinó los elementos elípticos antes que Biela y casi al mismo tiempo que Clausen. La primera vuelta del cometa de Biela determinada matemáticamente fue observada por Henderson en el cabo de Buena Esperanza, durante los meses de octubre y diciembre de 1831. La maravillosa disminucion del cometa de Biela de la cual se habla en el testo, tuvo lugar en su oncena reaparicion despues del año 1772 hasta fines del 1845. Véase Galle en los *Olbers Cometenbahnen*, p. 214, 218, 224, 227 y 232.

(71) Pág. 394.—Juan Herschell, *Outlines of astron.*., § 601.

(72) Pág. 395.—Laplace, *Esposicion del Sistema del Mundo*, p. 396 y 414. Las opiniones particulares de Laplace acerca de los cometas, que considera como pequeñas nebulosas vagando de sistemas en sistemas, están refutadas por la resolucion de un gran número de nebulosas ocurrida despues de la muerte de ese grande hombre.

(73) Pág. 396.—En el colegio de los astrónomos caldeos en Babilonia, existia divergencia de opiniones, lo mismo que entre los Pitagóricos, y en todas las escuelas antiguas. Séneca (*Quæs. natur.*, lib. 7, cap. 3) citá los sentimientos opuestos de Apolonio el Mindo y de Epigenes. Aunque rara vez se cita á Epigenes, Plinio (lib. VII, cap. 3) le llama «gravis auctor in primis.» Vuélvese á encontrar su nombre, pero sin calificacion, en Censorino (*de Die natali*, cap. 17) y en Stobee (*Ecloga physica*, lib. I, cap. 29, p. 586 ed. Hœren). Véase tambien Lobek *Aglaophamus*, p. 341. Diodoro de Sicilia (lib. XV, cap. 50) cree que la opinion general y dominante entre los astrólogos de Babilonia era que los cometas despues de los intervalos de tiempos invariables entraban en órbitas determinadas. El disentimiento que dividia á los Pitagóricos acerca de la naturaleza planetaria de los cometas, y que citan Aristóteles y el Pseudo-Plutarco (*Meteorológica*, lib. I, cap. 6, I; de *Placitis Philosoph.*, lib. III, cap. 2) se estendia segun el Estagirita (*Meteorol.*, lib. I, cap. 8, 2)

á la naturaleza de la Via láctea, que señalaba la senda abandonada por el Sol, y aquella de la cual Faeton habia sido precipitado. Véase Leronne, en las *Memorias de la Academia de Inscripciones*, 1839, t. XII, p. 108. Aristóteles cita tambien la opinion de algunos Pitagóricos, de que los cometas pertenecen á la clase de planetas que, como Mercurio, no llegan á hacerse visibles sino elevándose durante un largo tiempo sobre el horizonte. En el Tratado del Pseudo-Plutarco cuyas indicaciones son siempre truncadas por desgracia, se dice que los cometas se levantan en el horizonte en épocas determinadas, verificada que es su revolucion. Muchos datos sobre la naturaleza de los cometas contenidos en los escritos de Arrien que pudo aprovechar Stobee, y en los de Charimander, cuyo nombre ha sido conservado solo por Séneca y por Pappus hanse perdido para nosotros (*Ecloga*, lib. I, cap. 25, p. 61, ed. Plantin). Stobee cita como perteneciente á los Caldeos, la opinion de que los cometas son tan raramente visibles, porque en su larga escursion van á ocultarse en las profundidades del eter, como los peces en el Océano. La esplicacion mas seductora y al mismo tiempo la mas séria, á pesar de su sabor retórico, la que está mas en armonía con las opiniones recientes, es la dada por Séneca: «Non enim existimo cometem subitaneum ignem sed inter æterna opera naturæ.—Quid enim miramur cometas tam rarum mundi spectaculum, nondum teneri legibus certis? nec initia illorum finesque patescere, quorum ex ingentibus intervallis recursus est? Nondun sunt anní quingenti ex quo Græcia

.....Stellis numeros et nomina fecit,

multæque hodie sunt gentes quæ tantum facie noverint cœlum; quare obumbretur. Hoc apud nos quoque nuper ratio ad certum perduxit Veniet tempus quo ista quæ nunc latem in luvem dies extrahat et longioris ævi diligentia.—Veniet tempus quo posteri nostri tam aperta nos nescisse mirentur—Eleusis servat quod ostendat revisentibus. Rerum natura sacra sua non simul tradit: initiatos nos credimus; in vestibulo ejus hæremus; illa arcana non promiscue nec omnibus patent, reducta et in interiore sacrario clausa sunt. Ex quibus aliud hæc ætas, aliud quæ post nos subibit, despiciet. Tarde magna proveniunt...» (*Quæstiones naturales*, lib. VII, cap. 22, 25 y 31.)

(74) Pág. 403.—El aspecto del firmamento ofrece objetos que no coexisten simultáneamente. Muchos se han desvanecido antes de que la luz que emana de ellos haya llegado hasta nosotros; algunos ocupan lugares diferentes de aquellos donde los distinguimos. Véase el *Cosmos*, t. I, p. 117; t. III, p. 72-247 y Bacon. *Novum Organum*, Lond. 1733, p. 371, y G. Herschell en los *Philosophical Transactions*, for 1802, p. 498.

(75) Pág. 404.—*Cosmos*, t. I, pág. 117 y 123.

(76) Pág. 405.—Véanse las opiniones de los Griegos acerca de la caida de piedras meteóricas, en el *Cosmos*, t. I, p. 117, 120, 368, 371 y 378 (notas 61, 62, 69, 87, 88 y 89: t. II, p. 463 (nota 27).

(77) Pág. 405.—Véase en Brandis, *Geschichte der Griechisch-rœmischen Philsophie*, 1.ª parte, p. 272-277) un pasage donde se halla refutada la opinion emitida por Schleiermacher, en la Coleccion de la Academia de Berlin, años 1804-1811 (Berlin, 1815) p. 79-124.

(78) Pág. 405.—Stobee, en el pasage citado (*Ecloga physica*, p. 508) atribuye á Diógenes de Apolonia el haber llamado á las estrellas cuerpos porosos. Esta idea puede haber sido suministrada por la creencia tan estendida en la antigüedad de que los cuerpos celestes se nutrian de evaporaciones húmedas. «El Sol devuelve las sustancias que recibe. (Aristóteles, *Meteorologica*, ed. Ideler, t. I, p. 509: Seneca. *Quœstiones naturales*, lib. IV, cap. 2). Los cuerpos celestes, semejantes á la piedra pomez, estaban tambien considerados como teniendo exhalaciones propias.» Esas exalaciones que no pueden ser vistas en tanto que vagan en los espacios celestes, no son sino piedras que se inflaman y apagan al caer sobre la tierra.» (Plutarco, *de Placitis Philosophorum*, lib. II, cap. 13). Plinio (libro II, cap. 59) cree que las caidas de piedras meteóricas son accidentes que se renuevan frecuentemente: «Decidere tamen, crebro non erit dubium.» Dice tambien (lib. II, cap. 43) que cuando el cielo está sereno la caida de esas piedras determina una detonacion. Un pasage de Séneca (*Quœst. natur.*, lib. II, cap. 17) en el cual se habla de Anaxímenes, y que parece espresar un pensamiento análogo, no se refiere probablemente sino al ruido del rayo en una nube tempestuosa.

(79 Pág. 406.—Cito aquí el notable pasaje de la vida de Lisandro traducido literalmente: Algunos físicos han emitido una opinion mas verosímil, segun ellos, las estrellas errantes no fluyen ni se separan del fuego etéreo que se apaga en el aire inmediatamente despues de haberse inflamado, y no se producen tampoco por la ignicion y la combustion del aire que la condensacion obliga á elevarse en las regiones superiores: esos son cuerpos celestes que arrojados sobre la tierra por la cesacion del movimiento giratorio, no caen siempre en los espacios habitados, sino en el mar con mucha frecuencia en donde se ocultan á nuestras miradas.

(80) Pág. 406.—Respecto de los astros completamente oscuros ó que cesan de emitir luz, quizá periódicamente, acerca de las opiniones de los modernos respecto de este asunto, y en particular sobre las ideas

de Laplace y de Bessel, y sobre la observacion de Bessel relativa á un cambio ocurrido en el movimiento propio de Procyon, observacion confirmada por Peters en Kœnigsberg, véase el *Cosmos*, t. III, p. 179-182.

(81) Pág. 407.—Véase el *Cosmos*, t. III, p. 32 y 40.

(82) Pág. 407.—Dice literalmente el pasaje de Plutarco, *de Facie in orbe Lunæ*, p. 923: «La Luna tiene un auxiliar contra la fuerza que la solicita á caer; su movimiento mismo y la rapidez de su revolucion, como los objetos colocados en una honda no pueden caer, merced al movimiento giratorio que los arrastra.»

(83) Pág. 408.—*Cosmos*, t. I, p. 108.

(84) Pág. 408.—Coulvier-Gravier y Saigey, *Investigaciones sobre las Estrellas errantes*, 1847, p. 69-86.

(85) Pág. 409.—Eduardo Heis, *die periodischen Stems chnuppen und die der Resultate der Erscheinungen*, 1849, p. 7 y 26-30.

(86) Pág. 409 —La designacion del polo Norte como punto de partida de un gran número de estrellas errantes en el período de agosto, descansa únicamente en las observaciones del año 1839. Un viajero que ha recorrido el Oriente, el Dr. Asahel Grant, escribió desde Mardin, Mesopotamia, que hácia media noche estaba el cielo como herizado de estrellas errantes que partian todas de la region de la estrella polar. Véase en Heis (*die periodischen Sternschnuppen*, etc., p. 28), un pasaje redactado segun una carta de Herrick á Quételet, y el diario de Grant.

(87) Pág. 409.—El predominio de Perseo sobre Leo, como punto de partida de un número mayor de estrellas errantes, no se habia aun manifestado, cuando las observaciones hechas en Brema durante la noche del 13 al 14 de noviembre de 1838. Un observador muy práctico, Roswinkel, vió en una lluvia de estrellas muy abundante partir de Leo y de la parte merional de la Osa mayor casi todas las trayectorias; mientras que en la noche del 12 al 13 de noviembre, en una lluvia de estrellas verdaderamente poco considerable, solo vió cuatro trayectorias partir de la constelacion de Leo. Olbers observa á este respecto en las *Astronomische Nachrichten*, de Schumacher, n.° 372, que durante aquella noche «las trayectorias no eran paralelas entre sí, que nada parecia unirlas á la constelacion de Leo, y que esta falta de paralelismo las hacia asemejar á estrellas errantes aisladas, mucho mas que á flujos periódicos. Es cierto que el fenómeno de noviembre no pudo compararse en 1838 á los de los años 1799, 1832 y 1833.»

(88) Pág. 410.—Saigey, *Investigaciones sobre las Estrellas errantes*, p. 151. Véase tambien sobre la determinacion hecha por Erman, de los puntos de convergencia, diametralmente opuestos á los puntos de partida, la misma obra, p. 125-129.

(89) Pág. 411.—Heis, *periodische Sternschnuppen*, p. 6. Aristoteles *Problemata*, 23, y Séneca, *Quæstiones naturales*, lib. I, cap. 14: «Ventum significat ssellarum discurrentium lapsus et quidem ab ea parte qua erumpit.» Yo mismo he admitido, particularmente durante mi permanencia en Marsella, en la época de la espedicion de Egipto, la influencia de los vientos sobre la direccion de las estrellas errantes.

(90) Pág. 411.—*Cosmos*, t. I, p. 367 (nota 60).

(91) Pág. 411.—Todo lo que en el testo está encerrado entre comillas, se debe á las noticias estimables de Julio Schmidt, agregado al observatorio de Bonn. Puede verse acerca de sus trabajos anteriores verificados desde 1842 á 1844, Saigey, *Investigaciones sobre las estrellas errantes*, p. 159.

(92) Pág. 413.—Yo mismo he observado, no obstante, en el mar del Sud, á los 13° $^1/_2$ de latitud Norte, una lluvia muy considerable de estrellas errantes, el 13 de marzo de 1803. El año 687 antes de la era cristiana, se notaron tambien en el mes de marzo dos flujos de meteoros.

(93) Pág. 414.—Una lluvia de estrellas errantes semejante en un todo á la del 21 de octubre de 1366 (estilo antiguo), cuya indicacion halló Boguslawskihijo, en el *Chronicon Ecclesiæ Pragensis* de Benesse de Horovic-(*Cosmos*, t. I, p. 113), ha sido descrita en detalle en la célebre obra histórica de Duarte Nuñez de Lião (*Chronicas dos Reis de Portugal reformadas*, p. I, Lisb. 1600, fol. 187); pero está referida á la noche del 22 al 23 de octubre ¿Es preciso admitir dos flujos diferentes, uno de ellos visto en Bohemia, y el otro en las orillas del Tajo, ó uno de ambos cronistas se equivocó un dia? Cito el pasaje del historiador portugués: «Vindo o anno de 1366, sendo andados XXII dias do mes de octubro, tres meses antes do fallecimiento del Rey D. Pedro (de Portugal), se fez no ceo hum movimento de estrellas, qual os homêes não virão nem ouvirão. E foi que desda mea noite por diante correrão todalas strellas do Levante para o Ponente, e acabado de serem juntas começarão a correr humas para huma parte e outras para outra. E despois descerão doceo tantas e tam spessas, que tanto que forão baxas no ar, parecião grandes fogueiras, e que e ceo e o ar ardião, e que a mesma terra queria arder. O ceo parecia partido em muitas partes, alli onde strellas não stavão. E isto durou per muito

spaço. Os que isto viāo, houverāo tam grande medo e pavor, que stavāo como atonitos, et cuidavāo todos de ser mortos, e que era vinda a fim do mundo.»

(94) Pág. 415.—Hubiéranse podido citar puntos de comparacion mas recientes, si hubiesen sido conocidos en aquella época: por ejemplo los flujos meteóricos observados por Klœden en Postdam, en la noche del 12 al 13 de noviembre de 1823, por Berard, en las costas de España, del 12 al 13 de Noviembre de 1831, y por el conde Souchteln, en Orenbourg, del 12 al 13 de noviembre de 1832. Véase el *Cosmos*, t. I, p. 108, y Schumacher's *Astronomische Nachrichten*, n.° 303, p. 242. El gran fenómeno que Bonpland y yo observamos del 11 al 12 de noviembre de 1799 (*Viage á las Regiones equinocciales*, lib. IV, cap. 10, t. IV, p. 34-53, ed. en 8.°), duró desde las dos hasta las cuatro de la mañana. Durante todo el viaje que hicimos á través de la region del Orinoco, hasta el rio Negro, hallamos que este inmenso flujo meteórico habia sido observado por los misioneros, y anotado por muchos de ellos sobre su ritual. En el Labrador y la Groenlandia, habia admirado hasta Lichtenau y New-Herrnhut, á los 60° 14′ de latitud. En Itterstedt, cerca de Weimar, vió el pastor Zeising lo que se veia al mismo tiempo en América, bajo el ecuador, y cerca del círculo polar boreal. La vuelta periódica del fenómeno de San Lorenzo llamó la atencion mucho despues que el fenómeno de noviembre. He recogido con cuidado las indicaciones relativas á las lluvias considerables de estrellas errantes que han sido exactamente observadas, segun mi noticia, en la noche del 12 al 13 de noviembre, hasta 1846. Pueden contarse quince de ellas que se produjeron en 1799, 1818, 1822, 1823, en los años comprendidos entre 1831, y 1839, en 1841 y 1846. Escluyo de este cálculo todas las caidas de meteoros que se separan de la fecha fijada en mas de uno ó dos dias, especialmente la del 10 de noviembre de 1787 y del 8 de noviembre de 1813. Esta vuelta periódica casi á dia fijo es tanto mas sorprendente, cuanto que los cuerpos de tan poca masa están espuestos á un gran número de perturbaciones, y la longitud del anillo en el cual se supone que están encerrados los meteoros, puede abarcar, muchos dias de la revolucion de la Tierra alrededor del Sol. Los flujos meteóricos mas brillantes fueron los de 1799, 1831, 1833 y 1834. Quizá sea este el lugar de hacer observar que ha habido error en la descripcion que he dado de los meteoros de 1799, y que en vez de igualar el diámetro de los mayores bólidos á 1° ó 1° 1/4, hubiera sido preciso decir que ese diámetro era igual á 1 ó 1 1/4 del diámetro de la Luna. No terminaré esta nota sin citar el globo inflamado que el director del Observatorio de Tolosa, Petit, ha observado con una atencion especial, y cuya revolucion alrededor de la Tierra ha calculado. Véanse las *Memorias de la Academia*

de Ciencias, de 9 de agosto de 1817, y Schumacher's *Astronomische Nachrichten*, n.º 701, p. 71.

(95) Pág. 418.—Forster, *Memorias sobre las estrellas errantes*, p. 31.

(96) Pág. 419.—*Cosmos*, t. I, p. 110 y 138.

(97) Pág. 419.—Kæmtz, *Lerhbuch der Meteorologie*, t. III, p. 277.

(98) Pág. 420.—La caida de los aereolitos ocurrida en Crema y en las orillas del Adda, ha sido descrita con una vivacidad singular, pero desgraciadamente de una manera oscura y con algo de declamacion, por el célebre Martir Anghiera (*Opus Epistolarum*, Amst., 1670, n.º CCCCLXV, p. 245 y 246). La caida de las piedras fue precedida de una oscuridad que ocultó casi por completo el Sol, el 4 de Setiembre de 1511 al medio dia: «Fama est Pavonem immensum in aerea Cremensi plaga fuisse visum. Pavo visus in pyramidem converti, adeoque celeri ab Occidente in Orientem raptari cursu, ut in horæ momento magnam hemisphærii partem doctorum inspectantium sententia pervolasse credatur. Ex nubium illico densitate tenebras ferunt surrexisse, quales viventium nullus unquam se cognovisse fateatur. Per eam noctis faciem, cum formidolosis fulguribus, inaudita tonitrua regionem circumsepserumt.» Los relámpagos eran tan intensos, que alrededor de Bergamo pudieron ver los habitantes la llanura de Crema, en medio mismo de la oscuridad que la cubria. El escritor añade: «Ex horrendo illo fragore quid irata natura in eam regionem pepererit percunctaberis. Saxa demisit in Cremensi planitie (ubi nullus unquam æquans ovum lapis visus fuit) inmensæ magnitudinis, ponderis egregii. Decem fuisse reperta centilibralia saxa ferunt.» Háse dicho tambien que murieron pájaros, carneros y peces. Entre esas exageraciones es necesario reconocer que la nube meteórica de donde cayeron las piedras, debia ser de una negrura y de una densidad inusitadas. Lo que Anghiera llama Pavo, era sin duda un bólido alargado y provisto de una larga cola. Segun el modo como pinta el autor el espantoso ruido que resonó en la nube meteórica, parece que ha querido describir truenos acompañados de relámpagos. Anghiera se procuró en España un fragmento de esos aereolitos como el puño de gruesos, y lo enseñó al rey Fernando el Católico, en presencia del célebre capitan Gonzalo de Córdova. La carta en que refiere este hecho, dirigida desde Búrgos a Fajardo, concluye con estas palabras: «Mira super hisce prodigiis conscripta fanatice, physice, theologice ad nos missa sunt ex Italia. Quid portendant quomodoque gignantur, tibi utraque servo, si aliquando ad nos veneris.» Cardan entra en detalles mas precisos (*Opera*. Lugd., 1663, t. III, lib. XV, cap. 72, p. 279), y afirma que cayeron 1,200 aereolitos, entre los cuales habia uno negro como el hierro y muy denso, que pesaba 120 libras. Segun Cardan,

el ruido se prolongó durante dos horas: « Ut mirum sit tantam molem in aere sustineri potuisse.» Considera al bólido de cola como un cometa, y se equivoca en un año en la indicacion de la fecha que fija en el de 1510. En la época en que se produjo este fenómeno, Cardan tenia de nueve á diez años.

(99) Pág. 420.—Los aereolitos que cayeron recientemente en Braunau, el 14 de Julio de 1847, estaban tan calientes aun á las seis horas de su caida, que no se les podia tocar sin quemarse. He indicado yá en el *Asia central* (t. I, p. 408) la analogía que presenta con una caida de aerólitos el mito del *oro sagrado* estendido entre las razas scíticas. Añado aquí el pasage de Herodoto, en el cual se refiere esta leyenda (lib. V, cap. 5 y 7): «Targitao tuvo tres hijos, de los cuales el primogénito se llamaba Leipoxais, el segundo Arpoxais, y el mas jóven Colaxais. Bajo su reinado, cayeron del cielo en la Scitia, instrumentos de oro: un arado, un yugo, una hacha y una copa. El primogénito, que los vió primero, se acercó para cojerlos y en seguida se inflamó el oro. Tocóle su vez á Arpoxais y sucedió lo mismo; los dos hermanos rechazaron, pues, este oro: pero cuando el tercer hijo Colaxais se presentó, apagóse el oro, y pudo transportarlo á su casa. Comprendiendo sus hermanos el sentido de este prodigio, le cedieron todos sus derechos al reino.»

Tal vez el mito del oro sagrado no es sino un mito etnográfico, una alusion á los tres hijos del rey que fundaron cada una de las tribus de que se componian las poblaciones escitas, y á la preponderancia que obtuvo la tribu fundada por el mas jóven, la de los paralatas. Véase Brandstæter, *Scytica, de aurea Caterva*, 1837, p. 69 y 81.

(100) Pág. 422.—Entre los metales cuya presencia se ha descubierto en las piedras meteóricas, Howard reconoció el Nickel, Stromayer el cobalto, Laugier el cobre y el cromo, Berzelio el estaño.

(1) Pág. 423.—Rammelsberg, en los *Annalen* de Poggendorf, t. LXXIV, 1849, p. 442.

(2) Pág. 425.—Rammelsberg, Pogendorf, *Annalen*, t. LXXIII, 1848, p. 585; Shepard en el *American Journal o Sciences and Arts*, de Silliman, 2.ª série. t. II, 1846, p. 377.

(3) Pág. 426.—Véase el *Cosmos*, t. I, p. 115.

(4) Pág. 426.—*Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, t. I, p. 232. Todo lo que en el testo está colocado entre comillas, pertenece á los manuscritos del profesor Rammelsberg fecha del mes de Mayo de 1851.

(5) Pág. 430.—Véase Keplero, *Astronomica nova seu Physica cœlestis, tradita commentariis de motibus stellœ Martis ex observationibus Thychonis Brahi elaborata*, 1609, cap. XI y LIX.

(6) Pág. 431.—Laplace, *Esposicion del Sistema del Mundo*, p. 309 y 391.

OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS

PARA LA SEGUNDA PARTE DEL TOMO TERCERO.

(*a*) Humboldt, habia dado en la edicion alemana de este tomo del *Cosmos*, el cuadro de 14 pequeños planetas; pero no habiendo disminuido la actividad científica despues, pudo el mismo autor, añadir uno mas, Eunomia, descubierto por Gasparis el 19 de junio de 1851. Desde esta época hasta fines de 1857 solamente, se descubrieron 35 nuevos planetas: en 1852, Psiquis, el 17 de marzo por Gasparis; el 17 de abril, Tetis por Luther; el 24 de junio y el 22 de agosto, Melpomene y Fortuna por Hind; Masalia por Gasparis, el 19 de setiembre, y por Chacornac el 20 del mismo; Lutecia, el 15 de noviembre, por Goldschmidt; Caliope, el 15 de noviembre, por Hind; Talia, por el mismo, el 15 de diciembre,—en 1853, Focea, el 6 de abril, por Chacornac; Temis, el mismo dia, por Gasparis; Proserpina, el 5 de mayo, por Luther; Euterpe, el 8 de noviembre, por Hind;—en 1854, Belona, el 1.º de marzo, por Luther; Amfitrides, el mismo dia, por Marth; Urania, el 28 de junio, por Hind; Eufrosina, el 2 de setiembre, por Ferguson; Pomona, el 26 de octubre, por Goldschmidt; Polimnia, el 28 del mismo mes, por Chacornac;—en 1855, Circe, el 6 de abril, por Chacornac; Leucotea, el 19 de abril, por Luther; Atalante, el 5 de octubre, por Goldschmidt;—en 1856, Fides, el 12 de enero, por Luther; Leda, el mismo dia, por Chacornac; Læticia, por el mismo, el 8 de febrero, Armonia, el 31 de marzo, por Goldschmitd; Dafne, el 21 de mayo, por el mismo; Isis el 23 del mismo mes, por Pogson;—en 1857, Ariana, el 15 de abril, por Pogson; Nisa, el 27 de mayo, por Goldschmidt; Eugenia, el 11 de julio, por el mismo; Hestia, el 16 de agosto, por Pogson; Aglaia, el 15 de setiembre, por Luther; Doris y Pales, llamados los dos gemelos, el 19 de setiembre, por Goldschmidt; Virginia, el 4 de octubre, por Ferguson. Damos en las dos páginas siguientes á título de anejo, segun el órden de los descubrimientos, los elementos de esos nuevos planetas, á escepcion de los cuatro últimos, cuyas órbitas no se habian calculado aun cuando se redactó este cuadro. El campo de los descubrimientos se ensanchó despues mucho mas.



Elementos de los pequeños planetas descubiertos desde 1851 *hasta fines de* 1857.

	EUNOMIA.	PSIQUIS.	TETIS.	MELPOMENE.	FORTUNA.	MASALIA.	LUTECIA.	CALIOPE.
E	18 oct. 1852	26 nov. 1855	21 abril 1856	1.º enero 1853	5 nov. 1852	4 nov. 1856	1.º enero 1853	1.º enero 1853
	47º43′ 44″	51º32′ 36″	214º30′ 40″	351º42′ 22″	6º10′ 24″	54º46′ 29″	40º51′ 40″	77º 0′ 10″
π	27 13 24	12 37 23	259 22 44	15 13 59	30 46 43	98 16 30	327 1 34	58 12 39
Ω	293 53 19	150 29 44	125 25 55	150 0 56	211 23 14	206 36 24	80 25 50	66 36 56
i	11 43 50	3 4 9	5 35 28	10 9 22	1 32 30	0 41 10	3 5 11	13 44 52
μ	822″,076	710″,057	912″,593	1020″,04	930″,116	948″,845	933″,687	714″,908
a	2,65092	2,92287	2,47260	2,29575	2,44144	2,40921	2,43521	2,90963
e	0,18934	0,13463	0,12677	0,21718	0,15782	0,14368	0,16207	0,10366
U	1576d 49	1825d 20	1420d 13	1270d 53	1393d 37	1365d 87	1388d 04	1812d 82

	TALIA.	FOCEA.	TEMIS.	PROSERPINA.	EUTERPE.	BELONA.	ANFITRIDES.	URANIA.
E	1.º enero 1835	10 julio 1857	4 mayo 1853	11 junio 1853	1.º enero 1854	1º marzo 1854	27 marzo 1858	1.º enero 1855
L	89º 5′ 29″	294º46′ 43″	171º46′ 1″	227º30′ 4″	74º53′ 3″	159º 2′ 5″	180º 1′ 39″	26º28′ 46″
π	123 11 57	302 46 9	134 20 19	236 20 38	88 2 13	122 18 20	56 29 5	30 48 47
Ω	67 55 4	214 4 55	35 49 29	45 54 43	93 42 4	144 42 58	356 26 34	308 11 6
i	10 13 59	21 35 54	0 49 26	3 35 47	1 35 30	9 22 33	6 7 52	2 5 6
μ	833″,863	953″,678	637″,217	819″,987	986″,498	767″,523	869″,184	975″,208
a	2,62588	2,40106	3,14156	2,65542	2,34751	2,77509	2,55425	2,36559
e	0,23594	0,25253	0,12266	0,08714	0,17475	0,15468	0,72613	0,12620
U	1554d 21	1358d 947	2033d 83	4580d 51	1313d 73	1688d 55	1291d 05	1328d 94

E, espresa la época de la longitud en tiempo medio de Paris; L, longitud media de la órbita; π, la longitud del perihelio; Ω, la longitud del nudo ascendente; i, la inclinacion sobre la ecliptica; μ, el movimiento diurno medio; a, el semi-eje mayor; e, la escentricidad; U, la revolucion sideral espresada en dias. Las longitudes están referidas al equinoccio indicado á la cabeza de cada columna.

Elementos de los pequeños planetas descubiertos desde 1851 *hasta fines de* 1857.

	EUFROSINA.	POMONA.	POLIMNIA.	CIRCE.	LEUCOTEA.	ATALANTE.	FIDES.	LEDA.
E	1.° enero 1855	20 enero 1855	1.° enero 1855	9-7 abril 1855	1.° abril 1855	1.° enero 1856	16 nov. 1855	1.° enero 1856
L	53°50′10″	56° 8′28″	23°14′23″	193° 1′39″	187°28′14″	36°21′31″	42°35′38″	112°55′31″
π	93 51 7	196 9 0	340 53 55	147 53 32	185 38 48	42 23 48	66 4 34	100 40 28
Ω	31 25 23	220 48 26	9 16 5	184 49 14	359 44 20	359 9 29	8 9 44	296 27 47
i	26 25 12	5 29 14	1 56 56	5 26 55	8 23 4	18 42 9	3 7 11	6 58 32
μ	632″,802	854″,722	731″,484	806″,683	719″,825	778″,095	826″,175	782″,448
a	3,15616	2,58298	2,86550	2,68453	2,89636	2,74989	2,61214	2,73968
e	0,21601	0,08202	0,33680	0,11193	0,19838	0,29817	0,17489	0,15558
U	2048d 03	1516d 28	1771d 74	1606d 57	1800d 43	1665d 60	1568d 33	1656d 33

	LETICIA.	ARMONÍA.	DAFNE.	ISIS.	ARIANA.	NISA.	EUGENIA.	ESTIA.
E	1.° enero 1856	1.° julio 1856	31 mayo 1856	30 junio 1856	18 mayo 1857	15 junio 1857	8-5 julio 1857	16 agt.° 1857
L	146°44′43″	222°12′41″	201°19′22″	275°38′55″	232°27′23″	187°29′ 3″	252°36′34″	319°42′26″
π	1 58 58	2 1 51	231 5 48	318 6 53	277 11 5	118 47 52	208 16 39	344 55 46
Ω	157 19 31	93 32 2	179 29 10	84 27 20	264 44 14	127 5 35	148 19 38	181 30 14
i	10 20 51	4 15 48	15 0 9	8 34 45	3 28 2	3 53 26	6 34 53	2 17 47
μ	769″,894	1039″,409	903″,096	946″,904	1088″,065	810″,151	801″,166	921″,360
a	2,76939	2,26715	2,48990	2,41250	2,19904	2,67687	2,69684	2,45688
e	0,11107	0,04608	0,21536	0,21266	0,15751	0,45339	0,09142	0,12261
U	1683d 34	1246d 86	1435d 06	1368d 67	1191d 10	1599d 70	1667d 64	1406d 61

E, designa la época de la longitud en tiempo medio de Paris: L, la longitud media de la órbita: π, la longitud del perihelio: Ω, la longitud del nudo ascendente: i, la inclinacion sobre la eclíptica: μ, el movimiento diurno medio: a, el semi-eje mayor: e, la escentricidad: U, la revolucion sideral espresada en dias. Las longitudes están referidas al equinoccio de la época indicada á la cabeza de cada columna.

(*b*) A lo que se habia dicho, en el texto, acerca de los satélites de Urano, es preciso añadir, que segun noticias del 8 de noviembre de 1851, debidas á la amistad de Juan Herschell, Lassel, habia observado distintamente los dias 24, 28, 30 de octubre y 2 de noviembre de 1858 dos satélites de Urano, colocados todavía mas cerca del planeta principal que el primer satélite de G. Herschell, al cual atribuia dicho astrónomo una revolucion de 5 dias y 21 horas próximamente, pero que no ha vuelto á verse despues. Las revoluciones de los dos satélites reconocidos por Lassel, están evaluadas aproximadamente en 4 dias, y en 2 dias y medio.

FIN DEL TOMO TERCERO.

INDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE TOMO.

PRIMERA PARTE.

SEGUNDA PARTE.

FIN DEL INDICE DEL TOMO TERCERO.